



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO
SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE,
PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: ERICKA MISHHELL ZAMBRANO CÁRDENAS
JONATHAN PAÚL PERALTA DELGADO
TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ericka Mishell Zambrano Cárdenas con documento de identificación N° 0928715945 y Jonathan Paúl Peralta Delgado con documento de identificación N° 0105480719; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de julio del 2024

Atentamente,



Ericka Mishell Zambrano Cárdenas

0928715945



Jonathan Paúl Peralta Delgado

0105480719

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Ericka Mishell Zambrano Cárdenas con documento de identificación N° 0928715945 y Jonathan Paúl Peralta Delgado con documento de identificación N° 0105480719, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Emilio Sarmiento entre la vía Monay Baguanchi y la vía al Valle, perteneciente al cantón Cuenca provincia de Azuay”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de julio del 2024

Atentamente,



Ericka Mishell Zambrano Cárdenas

0928715945



Jonathan Paúl Peralta Delgado

0105480719

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY, realizado por Ericka Mishell Zambrano Cárdenas con documento de identificación N° 0928715945 y por Jonathan Paúl Peralta Delgado con documento de identificación N° 0105480719, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, MSc.

0104031232

DEDICATORIA

Quiero dar gracias a Dios por permitirme estar con vida y estar a las puertas de culminar con esta etapa tan importante como lo es la finalización de mi tesis.

Dedico este logro a todas las personas que me han acompañado en este transcurso de mi vida.

En especial te lo dedico a ti mamá, gracias por ser mi pilar y guía en cada paso de este arduo camino y por apoyarme incondicionalmente para que lograra este sueño y te sientas orgullosa de mí. Gracias por enseñarse a ser fuerte y perseverante para nunca rendirme ante las adversidades que se han dado en estos años. Su amor incondicional y los sacrificios que usted ha hecho han sido fundamentales para que hoy alcance este sueño de ser una profesional.

A mis hijas, que son mi mayor motor e inspiración, pues cada sonrisa, cada abrazo y cada momento compartido me han dado la fuerza y la motivación para seguir adelante. Ustedes son la razón por la que lucho cada día para ser un buen ejemplo y brindarles un futuro lleno de oportunidades.

A mi esposo, mi compañero de vida. Quiero agradecerte por tu paciencia, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por estar a mi lado en las noches largas de estudio, por creer en mí y por ser mi refugio en los momentos difíciles. Esta meta también es tuya.

A todos ustedes gracias, pues esta tesis es un reflejo de todo lo que hemos compartido y logrado juntos.

Mishell Zambrano

*Quiero dedicar esta Tesis (símbolo del esfuerzo de muchos años),
a las personas más importantes en mi vida.*

A mi Madre, fue tu mayor anhelo verme convertir en un ingeniero, Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, perseverancia, sacrificio y el amor incondicional. Tu apoyo inquebrantable y tus alentadoras palabras junto con tus oraciones han guiado mi camino a lo largo de este tiempo. Espero que siempre te sientas orgullosa de Mi.

A mi querida Esposa y compañera, como no agradecerte por tu amor, paciencia y comprensión, gracias por estar a mi lado paso a paso, tanto en la vida estudiantil como en el hogar. Esta tesis que la hacemos juntos es el símbolo más notorio que “la unión hace la fuerza” Te Amo y espero tener muchos logros más juntos

A mis Dos princesas Sofia y Valeria, son mi mayor motivación para seguir cada día, sus abrazos, risas y besos me han dado la fuerza para seguir luchando en los momentos más difíciles. Quiero agradecerles infinitamente porque siempre estuvieron apoyándome y alentándome con sus nobles y tiernos consejos. Las amo infinitamente.

Jonathan Peralta

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han sido parte de este importante logro en mi vida.

En primer lugar, agradezco a mi mamá, cuyo esfuerzo y sacrificio han sido la base de mi formación. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y sin tu guía y apoyo, este sueño no habría sido posible.

A mis hijas por ser mi fuente de inspiración y motivación constante. Gracias por llenar mis días de alegría y darme razones para luchar y superarme.

A mi esposo, mi compañero de vida, por su infinita paciencia y su apoyo inquebrantable. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre. Tu amor y comprensión han sido esenciales para alcanzar esta meta.

También quiero agradecer a mis profesores y mentores de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial al Ing. Daniel Cárdenas, que con su conocimiento, apoyo y compromiso académico me supo guiar a lo largo de este camino educativo.

Finalmente, agradezco a Dios, por darme la fortaleza y las oportunidades necesarias para llegar hasta aquí. Esta tesis es el fruto del esfuerzo conjunto de todas estas personas maravillosas, a quienes llevo en mi corazón.

Mishell Zambrano

Quiero agradecer infinitamente a Dios, por brindarme la fortaleza y sabiduría para alcanzar esta meta.

A mis padres, que han sido mi apoyo incondicional no solo en esta etapa sino a lo largo de mi vida, gracias por sus consejos y motivaciones, su aliento ha sido cruciales para mantenerme motivado y enfocado.

A mi tutor de tesis, Ing. Daniel Cárdenas, por su guía, y valiosas orientaciones a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y experiencia han sido fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros y amigos, quienes han sido una compañía invaluable en este viaje académico. Gracias por los momentos de estudio compartidos, las discusiones constructivas y el constante ánimo para seguir adelante.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo emocional, especialmente durante los momentos más difíciles.

A todos, mi más profundo agradecimiento.

Jonathan Peralta

Contenido

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS	VII
Contenido.....	VIII
TEMA	1
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	4
1. PROBLEMA DE ESTUDIO.....	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2. ANTECEDENTES	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE	16
1.5. OBJETIVOS.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II	18
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Carreteras	18
2.2. Levantamiento Topográfico	22

2.3. Estudio de Tráfico.....	23
2.4. Diseño Geométrico.....	30
CAPÍTULO III.....	66
3. METODOLÓGIA.....	66
3.1. Materiales y equipos usados.....	67
CAPÍTULO IV.....	68
4. CÁLCULOS.....	68
4.1. Obtención del TPDA de la Vía Emilio Sarmiento.....	68
4.2. Diseño de Pavimento.....	70
4.3. Diseño Geométrico.....	91
4.4. Obras de Drenaje Vial.....	96
5. PRESUPUESTOS.....	99
6. CONCLUSIONES.....	104
7. RECOMENDACIONES.....	105
8. BIBLIOGRAFÍA.....	106
9. ANEXOS.....	107
9.1. GEOTÉCNICO.....	108
9.2. PLANOS.....	114

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Parroquias Involucradas en el área de estudio.</i>	7
Tabla 2 <i>Tasa de Crecimiento Poblacional Intercensal.</i>	7
Tabla 3 <i>Densidad Demográfica según el área de estudio.</i>	8
Tabla 4 <i>Población según grupos de edad en el área de influencia indirecta.</i>	9
Tabla 5 <i>Población Económicamente activa según parroquias en el área de influencia.</i>	10
Tabla 6 <i>Clasificación de actividades por sectores.</i>	10
Tabla 7 <i>Población por rama de actividad económica según parroquia del área de influencia.</i> .11	
Tabla 8 <i>PEA, según categoría de ocupación.</i>	12
Tabla 9 <i>Clasificación de carreteras.</i>	20
Tabla 10 <i>Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.</i>	21
Tabla 11 <i>Tasas de crecimiento del Tráfico.</i>	25
Tabla 12 <i>Velocidades de Circulación.</i>	34
Tabla 13 <i>Radios mínimos y grados máximos de Curvas Horizontales para distintas Velocidades de Diseño.</i>	37
Tabla 14 <i>Longitudes de Desarrollo de la Sobreelevación en Carreteras de dos carriles, en metros.</i>	40
Tabla 15 <i>Distancias de Visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.</i>	48
Tabla 16 <i>Distancias de visibilidad de adelantamiento.</i>	51
Tabla 17 <i>Parámetros Básicos según la velocidad promedio de adelantamiento.</i>	51
Tabla 18 <i>Valores límites permisibles de "F" según el Pavimento.</i>	53
Tabla 19 <i>Gradiente Longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del Peralte.</i>	57
Tabla 20 <i>Valores de Diseño de las gradientes longitudinales máximas (%).</i>	58
Tabla 21 <i>Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.</i>	64

Tabla 22	<i>Intervalo del Módulo Resiliente Kg/cm2.</i>	65
Tabla 23	<i>TPDA-2017 de la Vía Emilio Sarmiento</i>	68
Tabla 24	<i>Valor del ESALs.</i>	70
Tabla 25	<i>Valor de ESALs escenario 1.</i>	71
Tabla 26	<i>Valor de ESALs escenario 2.</i>	72
Tabla 27	<i>Valor de ESALs escenario 3.</i>	73
Tabla 28	<i>Datos del Ensayo de Laboratorio determinación CBR.</i>	74
Tabla 29	<i>Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.</i>	74
Tabla 30	<i>Desviación normal estándar Zr.</i>	75
Tabla 31	<i>Desviación Estándar Total So.</i>	76
Tabla 32	<i>Serviciabilidad Inicial Po.</i>	76
Tabla 33	<i>Nivel de Serviciosabilidad Final.</i>	77
Tabla 34	<i>Calidad de Drenaje.</i>	78
Tabla 35	<i>Valores recomendados de mi.</i>	78
Tabla 36	<i>Periodo de Diseño.</i>	79
Tabla 37	<i>Módulo de Elasticidad en base al material.</i>	80
Tabla 38	<i>Espesores mínimos en función del ESALs.</i>	83
Tabla 39	<i>Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento.</i>	86
Tabla 40	<i>Resultado de espesores de las capas de rodadura para el escenario 1.</i>	87
Tabla 41	<i>Espesores de capa de rodadura para Escenario 2.</i>	88
Tabla 42	<i>Espesores de las capas de rodadura para el Escenario 3.</i>	90
Tabla 43	<i>Valores de Diseño.</i>	91
Tabla 44	<i>Coefficiente de Escorrentía para calles asfaltadas.</i>	96
Tabla 45	<i>Resultados del Caudal para los carriles de la vía Emilio Sarmiento.</i>	98

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Ubicación de la zona de estudio.</i>	5
Figura 2	<i>Relaciones entre las velocidades de Diseño y de Circulación.</i>	33
Figura 3	<i>Componentes de la Curva Circular y espirales.</i>	38
Figura 4	<i>Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de Diseño, e máx. 6%.</i>	41
Figura 5	<i>Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de diseño, e máx. 8%.</i>	42
Figura 6	<i>Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de Diseño, e máx. 10%.</i>	43
Figura 7	<i>Distancia de parada.</i>	46
Figura 8	<i>Etapas de maniobras para adelantamiento en carreteras de dos carriles.</i>	50
Figura 9	<i>Estabilidad del Vehículo en las curvas.</i>	52
Figura 10	<i>Ubicación de la zona de estudio en ArcGIS.</i>	69
Figura 11	<i>Gráfica para hallar a_1 en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.</i>	80
Figura 12	<i>Gráfico para determinar el número estructural de la capa Base a_2</i>	81
Figura 13	<i>Gráfico para estimar el Número Estructural de la Subbase a_3.</i>	82
Figura 14	<i>Cálculo SN Mediante programa Ecuación AASHTO.</i>	84
Figura 15	<i>Espesores y número estructural de las capas de la estructura de pavimento.</i>	84
Figura 16	<i>Cálculo SN Mediante programa Ecuación AASHTO.</i>	87
Figura 17	<i>Cálculo SN mediante programa Ecuación AASHTO.</i>	88
Figura 18	<i>Cálculo SN mediante programa Ecuación AASHTO.</i>	89
Figura 19	<i>Relación entre velocidad de diseño y circulación.</i>	92
Figura 20	<i>Cálculo del Itr. Estación Cuenca-Aeropuerto.</i>	97

TEMA

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

RESUMEN

La vía Emilio Sarmiento se ubica en la ciudad de Cuenca, Provincia de Azuay, y es un importante punto de conexión entre las vías de Monay Baguanchi y la vía a El Valle. El presente documento se centra en mejorar el diseño geométrico y estructural de esta vía considerando un futuro proyecto de mejoramiento de la vía Monay Baguanchi que servirá para mejorar los niveles de servicio de la vía El Valle. Esta vía cuenta con 1.72 Km de longitud y según la clasificación de carreteras por la Norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP se considera una vía de clase III, por lo que su velocidad de diseño fue de 50 Km/h y un peralte del 8%.

Para la elaboración de este proyecto, como primera instancia se realizó un levantamiento topográfico de la zona a estudiar, teniendo como resultado las características del terreno; también se obtuvo de fuentes oficiales el TPDA de la vía Emilio Sarmiento de 781 vehículos hasta el año presente (2024).

En cuanto al diseño geométrico, se tuvieron en cuenta aspectos como la alineación horizontal y vertical, pues la vía se diseñó de dos carriles con una calzada de 3 metros cada uno.

Para el diseño estructural, se tomaron medidas para garantizar la resistencia y durabilidad de la vía. Esto incluyó analizar los estudios geotécnicos del lugar de estudio, donde sus resultados fueron un CBR del 7% lo que indica que es un suelo de calidad regular-bueno.

Por lo tanto, el diseño geométrico y estructural de la vía Emilio Sarmiento ha sido planificado para garantizar la fluidez del tránsito, la seguridad de los usuarios y la seguridad de la infraestructura vial en esta importante zona de conexión.

Palabras Claves: Levantamiento topográfico, TPDA, Diseño Geométrico y Estructural, Pavimento Flexible, Capas de Rodadura.

ABSTRACT

The Emilio Sarmiento Road is located in the city of Cuenca, Province of Azuay, and is an important connection point between the Monay Baguanchi and El Valle roads. This document focuses on improving the geometric and structural design of this road considering a future improvement project of the Monay Baguanchi Road that will serve to improve the service levels of the El Valle Road. This road is 1,720 km long and according to the classification of highways by the Ministry of Transportation and Public Works, MTOP, it is considered a class III road, so its design speed was 50 km/h and a camber of 8%.

For the development of this project, as a first step, a topographic survey of the area to be studied was carried out, resulting in the characteristics of the terrain; the TPDA of the Emilio Sarmiento Road was also obtained from official sources, with 781 vehicles up to the present year (2024).

As for the geometric design, aspects such as horizontal and vertical alignment were taken into account, since the road was designed with two lanes with a roadway of 3 meters each.

For the structural design, measures were taken to guarantee the strength and durability of the road. This included analyzing the geotechnical studies of the study site, where the results were a CBR of 7%, indicating that the soil is of good quality.

Therefore, the geometric and structural design of the Emilio Sarmiento Road has been planned to guarantee the flow of traffic, the safety of the users and the safety of the road infrastructure in this important connection area.

Key words: Topographic survey, TPDA, Geometric and Structural Design, Flexible Pavement, Wearing courses.

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo principal elaborar el diseño geométrico y estructural de la vía Emilio Sarmiento, ubicada entre la vía Monay Baguanchi y la vía a El Valle, perteneciente a la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay, con una longitud de 1.72 km. La importancia de este proyecto radica en mejorar la infraestructura vial de esta zona, brindando una vía segura y eficiente para los usuarios. Para lograrlo, realizó un análisis de las condiciones actuales de la vía, así como un diseño que cumpla con las normativas y regulaciones aplicables.

La infraestructura vial desempeña un papel crucial en el desarrollo socioeconómico de las comunidades al facilitar la conectividad, el transporte de bienes y personas, y el acceso a servicios básicos. En este contexto, el diseño geométrico y estructural de una vía adquiere una importancia significativa para garantizar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de la red vial.

Para llevar a cabo el diseño geométrico y estructural de la Vía Emilio Sarmiento, se consideró aspectos clave como la topografía del terreno, la capacidad de tráfico, la seguridad vial, la resistencia estructural, la durabilidad de los materiales y el impacto ambiental. A través de este estudio, se busca proponer soluciones y recomendaciones que mejoren la funcionalidad y eficiencia de esta importante vía, contribuyendo así al desarrollo integral y sostenible de la comunidad local.

La investigación se basó en los conocimientos de ingeniería civil, topografía, geotecnia, diseño estructural y normativas viales, entre otros campos, para ofrecer un análisis integral y fundamentado que responda a las necesidades y desafíos presentes en el diseño y construcción de infraestructura vial en entornos urbanos y rurales.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vía Emilio Sarmiento es un corredor importante de conexión entre la vía Monay Baguanchi y la vía a El Valle. Esta vía se encuentra actualmente pavimentada, y hay una circulación vehicular de aproximadamente 781 vehículos por día, pero con la ampliación proyectada de la vía Monay Baguanchi- Tierras Coloradas va a existir un incremento significativo en el tránsito vehicular lo que provocaría tiempo de viajes más largos y un mayor desgaste en la infraestructura vial.

De igual manera la vía a El Valle que es uno de los puntos que conecta la vía de estudio, presenta alto congestionamiento vehicular debido a la gran cantidad de rompe velocidades, sin embargo no se consideró que para la construcción de estas estructuras se requería un flujo vehicular de 500 vehículos por hora para no generar atascos; pero en la vía a El Valle sobrepasa esta cifra. Por tal motivo los usuarios de la vía a El Valle van a desviarse por la vía Emilio Sarmiento para evitar el congestionamiento vehicular.

En consecuencia, de ello, la limitada capacidad estructural y funcional de la vía Emilio Sarmiento comprometerá significativamente su durabilidad y seguridad a corto y mediano plazo, por lo que es importante abordar esta problemática mediante un estudio que incluya evaluaciones de capacidad estructural, análisis del tráfico actual, proyectado y el tráfico desviado, además de un nuevo diseño geométrico y estructural que aseguren la adecuación de la vía a futuras demandas de transporte.

1.1.1. Ubicación

La vía Emilio Sarmiento se encuentra ubicada entre las vías de acceso a las parroquias de Monay y El Valle, ubicadas en el cantón Cuenca provincia de Azuay.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth

1.2. ANTECEDENTES

La vía Emilio Sarmiento ubicada en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, juega un papel importante en la conexión de dos sectores estratégicos como lo son la vía Monay Baguanchi y la vía a El Valle.

La parroquia Monay es una zona residencial tranquila con casas y pequeños comercios, En las últimas décadas ha crecido significativamente debido a la expansión de la ciudad. Hoy en día, cuenta con centros comerciales, escuelas, clínicas y espacios recreativos. Debido a su crecimiento ha hecho que la demanda por una mejor infraestructura vial sea más urgente.

El Valle, conocida por su belleza natural y su importancia cultural, ofrece un contraste

encantador con la vida urbana de la ciudad de Cuenca. En los últimos años, el interés en El Valle ha crecido, no solo para la agricultura, ni también para el turismo y la residencia. La afluencia de nuevos residentes y visitantes ha resaltado la necesidad de mejorar las vías de acceso. La vía Emilio Sarmiento, que conecta El Valle con Monay Baguanchi, es un punto de conexión importante para sostener el crecimiento económico de estos sectores estratégicos.

La vía Emilio Sarmiento ha presentado un aumento del tráfico con un TPDA actual de 781 vehículos durante las horas pico debido al desvío de los usuarios de la vía El Valle como consecuencia del congestionamiento vehicular.

1.2.1. Lugar de estudio

La parroquia El Valle se encuentra al noreste de la ciudad de Cuenca, en la provincia del Azuay, Ecuador. Situada a una altitud promedio de 2,500 metros sobre el nivel del mar, esta parroquia combina áreas urbanas y rurales, y se ha convertido en un punto de conexión vital entre diversas zonas de la ciudad. La Vía Emilio Sarmiento, que conecta la Vía Monay Baguanchi con la Vía a El Valle, es una arteria fundamental para el tránsito local y regional.

1.2.2. Análisis Demográfico

Para el análisis de este tema, se tiene en cuenta tanto a la población de la zona de influencia indirecta, que incluye la parroquia urbana de Monay en el cantón Cuenca y la parroquia rural de El Valle, así como a los barrios del área de influencia directa, pertenecientes a las jurisdicciones político-administrativas detalladas en la Tabla 1. (Prado Farfán , 2019)

Tabla 1*Parroquias Involucradas en el área de estudio.*

Provincia	Cantón	Parroquia
Azúay	Cuenca	Monay (Parroquia urbana)
		El Valle (Parroquia rural)

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2.1. Crecimiento Poblacional

Para analizar la evolución de la tasa de crecimiento de la población en el área de influencia indirecta del proyecto, que abarca la parroquia urbana de Monay y la parroquia rural El Valle, se consideran los periodos intercensales de 1990 a 2001 y de 2001 a 2010. (Ver Tabla 2).

Tabla 2*Tasa de Crecimiento Poblacional Intercensal.*

Provincia	Cantón	Parroquia	Censos Población			Tasa de Crecimiento Intercensal (%)	
			1990	2001	2010	1990-2001	2001-2010
Azúay	Cuenca	Monay	7.896	15.860	21.853	6,54	3,62
		El Valle	15.214	18.692	24.314	1,8	2,9

Fuente: INEC, Censos de Población años 1990, 2001 y 2010

La población en la parroquia de El Valle ha mostrado un crecimiento constante durante los periodos intercensales. Entre 1990 y 2001, la tasa de crecimiento poblacional fue del 1.8%, mientras que de 2001 a 2010, esta tasa aumentó a 2.9%, superando la tasa de Cuenca, que fue del 2.14%. De manera similar, la parroquia urbana de Monay también ha experimentado un crecimiento poblacional sostenido. Entre 1990 y 2000, la tasa de crecimiento fue del 6.54%, y entre 2000 y 2010, fue del 3.62%. Este análisis incluye la población de las comunidades

identificadas como zonas de influencia directa, pertenecientes tanto a Monay como a El Valle.
(Prado Farfán , 2019)

1.2.2.2. Densidad Poblacional

La densidad demográfica se refiere al número promedio de habitantes por unidad de superficie. En este estudio, se analiza la densidad poblacional correspondiente al año 2010, tal como se describe en la Tabla 3. (Prado Farfán , 2019)

Tabla 3

Densidad Demográfica según el área de estudio.

Provincia	Cantón	Parroquia	Población	Extensión Territorial	Densidad Demográfica
			2010	Km ²	Hab/Km ²
Azuay	Cuenca	Monay	21.853	5,5	3.973
		El Valle	24.314	309,76	78,49

Fuente: INEC, Censo de Población 2010

La parroquia urbana de Monay en Cuenca tiene una densidad poblacional de 3.973 habitantes por kilómetro cuadrado, significativamente más alta que la del cantón Cuenca, que es de 158,46 habitantes por kilómetro cuadrado. Esta densidad también supera a la de la parroquia rural de El Valle, que forma parte del área de influencia indirecta del proyecto. (Prado Farfán , 2019)

1.2.2.3. Distribución de la Población por grupos de edad

La división de los grupos de edad de la población en el área de influencia directa e indirecta del proyecto de Rehabilitación y mejoramiento de la vía Monay – Baguanchi – Tierras Coloradas – El Salado se basa en los criterios del censo de población y vivienda de 2010, los cuales consideran:

- Edad productiva
- Grado de dependencia

- Grado de envejecimiento

Esto permite clasificar a la población en los siguientes rangos:

- 0 a 14 años
- 15 a 64 años
- 65 años y más

Área de Influencia Indirecta

Según los datos del censo de población y vivienda de 2010, la mayor parte de la población en el área de influencia indirecta del proyecto se encuentra en el rango de 15 a 64 años, con una población de 29,609 personas, lo que representa el 64.14% de la población total. Esta información se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4

Población según grupos de edad en el área de influencia indirecta.

Grupos de Edad	Parroquias		Total	%
	Monay	El Valle		
De 0 a 14 años	5.866	7.583	13.449	29,13
De 15 a 64 años	14.770	14.839	29.609	64,14
De 65 años y mas	1.217	1.892	3.109	6,73
Total	21.853	24.314	46.167	100,00

Fuente: INEC-2010, Censo de Población

La población en el rango de 0 a 14 años, que representa el 29.13% del total, sumando 13,449 habitantes. Esta franja de edad se caracteriza por ser dependiente, ya que se encuentran en edad escolar. Por último, la población de 65 años y más constituye el 6.73% del total, como se detalla en la Tabla 4.

1.2.3. Población Económicamente Activa

Como se muestra en la Tabla 5, la población económicamente activa (PEA) en el área de influencia indirecta asciende a 20,438 habitantes, lo que representa el 44.26% del total de la

población estudiada. Esta población se distribuye de la siguiente manera: el 50.39% de la PEA corresponde a Monay y el 49.61% a El Valle. El análisis de la distribución de la población económicamente activa por sectores de actividad considera las variables de los sectores primario, secundario y terciario de producción, tal como se explica en la Tabla 6.

Tabla 5

Población Económicamente activa según parroquias en el área de influencia.

Parroquia	PEA	%
Monay	10.298	50,39
El Valle	10.140	49,61
Total	20.438	100,00

Fuente: INEC 2010, Censo de Población

Tabla 6

Clasificación de actividades por sectores.

Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario
-Agricultura -Ganadería -Pesca -Silvicultura -Caza	-Explotación de minas y canteras. -Industrias manufactureras. -Suministro de electricidad, gas y agua.	-Construcción -Comercio al por mayor y menor - Hoteles y restaurantes - Transporte, almacenamiento y comunicaciones -Intermediación financiera. -Actividades de inmobiliarias, empresariales y alquiler. -Administración pública y defensa, seguridad social obligatoria. -Enseñanza -Actividades de servicios sociales y de salud -Otras actividades comunitarias sociales y personal de servicios. -Hogares privados con servicio doméstico. -Organizaciones y órganos extraterritoriales -Bajo relación de dependencia del sector público -Bajo relación de dependencia del sector privado

Fuente: INEC 2010, Censo de Población

La población económicamente activa en el área de influencia indirecta se concentra mayormente en el sector terciario, sumando un total de 15,135 habitantes, lo que equivale al 74.05% del total de la PEA. Esta población está distribuida de la siguiente manera: Monay representa el 56.21% y la parroquia El Valle el 43.79% del total de los casos estudiados, convirtiendo a este sector de la población en la principal fuerza laboral, como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7

Población por rama de actividad económica según parroquia del área de influencia.

Parroquias	Sectores productivos						Total
	Sector primario	%	Sector Secundario	%	Sector Terciario	%	
Monay	189	1,84	1.601	15,55	8.508	82,62	10.298
El Valle	1.013	10,00	2.500	24,65	6.627	65,35	10.140
Total	1.202	100	4.101	100	15.135	100,00	20.438

Fuente: INEC 2010, Censo de Población

La parroquia urbana de Monay tiene el mayor porcentaje de población económicamente activa, distribuida de la siguiente manera: el 82.62%, equivalente a 8,508 habitantes, se dedica a actividades del sector terciario. Le sigue la población dedicada al sector secundario, representando el 15.55% del total de la PEA, y finalmente, un pequeño porcentaje del 1.84% se dedica a actividades agropecuarias, debido a la ubicación de la parroquia en la cabecera cantonal de Cuenca.

En la parroquia de El Valle, la distribución de la PEA es la siguiente: un significativo 10% de la población se dedica a actividades agrícolas y ganaderas; el 24.65% se dedica a la manufactura y al trabajo en canteras y minas; y el 65.35% de la población económicamente activa se dedica a

actividades del sector terciario.

1.2.4. Población Económicamente Activa por Categoría de Ocupación

Es importante examinar la cifra que indica cómo está estructurada la Población Económicamente Activa (PEA), clasificada según su participación en el mercado laboral. En la Tabla 97 se detallan los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, específicamente sobre la PEA y sus diversas categorías de ocupación en la región de influencia indirecta.

Tabla 8

PEA, según categoría de ocupación.

CATEGORÍA DE OCUPACIÓN	PARROQUIAS		Total	%
	Monay	El Valle		
Empleado u obrero del Estado, Municipio o Consejo Provincial	1.652	871	2.523	12,66
Empleado u obrero privado	4.806	3.869	8.675	43,54
Jornalero o peón	141	853	994	4,99
Patrono	494	214	708	3,55
Socio	200	71	271	1,36
Cuenta propia	2.189	2.922	5.111	25,65
Trabajador no remunerado	137	158	295	1,48
Empleado doméstico	191	539	730	3,66
Se ignora	197	421	618	3,11
Total	10.007	9.918	19.925	100,00

Fuente: INEC 2010, Censo de Población y Vivienda

Las principales categorías de ocupación de la Población Económicamente Activa (PEA) en el área de influencia indirecta son los empleados u obreros privados, que constituyen el 43,54% del total. Les siguen las personas que trabajan por cuenta propia, representando el 25,65% del total de la PEA. En orden descendente de importancia, encontramos a aquellos empleados u obreros del Estado, con el 12,66%, seguidos por los jornaleros o peones, que representan el 4,99% de los casos estudiados, y los empleados domésticos con el 3,66%. Es relevante mencionar que un 3,11% de la

PEA tiene una ocupación desconocida, según se observa en la Tabla 8.

1.2.5. Características de las principales actividades económicas del área de influencia

1.2.5.1. Parroquia Monay

Monay es una parroquia urbana en la ciudad principal de Cuenca, con una población registrada de 21,853 habitantes según el Censo de Población y Vivienda de 2010. En términos económicos, la mayoría de sus residentes están empleados tanto en el sector público como en el privado, y muchos gestionan sus propios negocios, que incluyen tiendas y servicios técnicos y artesanales.

1.2.5.2. Parroquia El Valle

Los barrios que forman parte de la parroquia de El Valle y están directamente influenciados por el proyecto tienen un estilo de vida que combina elementos urbanos y rurales. Esta mezcla se debe a su cercanía con el centro cantonal de Cuenca, lo que facilita relaciones comerciales, laborales y sociales. A lo largo de la ruta que atraviesa estos barrios, se observa una considerable cantidad de terrenos dedicados a la agricultura y pequeños potreros para la cría de ganado, principalmente para la producción de leche y la venta en las ferias de animales de Cuenca.

Además de la agricultura, muchos residentes trabajan en el sector privado o son emprendedores por cuenta propia, desempeñándose como choferes, propietarios de talleres, tiendas y mecánicas. Aunque la producción agrícola en la zona está principalmente orientada al autoconsumo, los excedentes se comercializan en los mercados locales de El Valle o en la ciudad de Cuenca.

La práctica de actividades agropecuarias en esta área se mantiene más por tradición que como una fuente principal de ingresos para las familias, dado que gradualmente se pierde debido al proceso de urbanización y construcción de viviendas en el suelo disponible.

1.2.6. Caracterización Climática

El proyecto se localiza en la zona Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, el cual es el clima predominante en los valles de la sierra ecuatoriana, exceptuando las áreas protegidas y las altitudes superiores a los 3200 metros sobre el nivel del mar. Esta región se caracteriza por la presencia de pastizales y cultivos como maíz, papas y cereales. Sin embargo, con el desarrollo urbano de las principales ciudades, la vegetación natural del área ha sido alterada significativamente a lo largo de los años.

El clima presenta dos estaciones lluviosas, que van de febrero a mayo y de octubre a noviembre, con precipitaciones anuales que varían entre 500 y 2000 mm. Las temperaturas medias oscilan entre 12 y 20 °C, con una insolación que puede alcanzar entre 1000 y 2000 horas anuales. La humedad relativa se sitúa típicamente entre el 65% y el 85%. (Prado Farfán , 2019)

1.2.6.1. Precipitaciones

Según las características del clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, que prevalece en el área de estudio, las épocas de mayores precipitaciones ocurren de febrero a mayo y de octubre a noviembre. Según el mapa 11 de la Isoyeta, el promedio de precipitación varía entre 750 y 1000 mm. La precipitación media anual en Cuenca se sitúa en torno a los 865 mm, con un patrón bimodal que incluye inviernos durante los períodos de febrero a mayo y de octubre a diciembre, y un verano de junio a septiembre. Abril es el mes más lluvioso, con una media superior a los 110 mm, mientras que agosto es el más seco, con un promedio de 26 mm.

1.2.6.2. Temperatura

La Temperatura de la zona de estudio varía en rangos de 14 a 16 °C. Según los registros, se puede afirmar que Cuenca disfruta de un clima favorable debido a su ubicación en un amplio valle en medio de la cordillera andina, con temperaturas que varían típicamente entre 10 y 21 °C. Este

entorno proporciona un clima primaveral durante todo el año. Las temperaturas muestran poca variación a lo largo del año, con máximas medias observadas de octubre a mayo, alcanzando valores cercanos a los 16 °C (generalmente durante el periodo de invierno), y mínimas en verano, especialmente en agosto, con valores aproximados de 14,5 °C.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La vía Emilio Sarmiento es una vía de conexión estratégica entre las parroquias de Monay y El Valle, en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. Actualmente, la vía a El Valle está muy congestionada, lo que ha llevado a muchos conductores a usar la vía Emilio Sarmiento como alternativa para evitar los problemas de congestionamiento vehicular.

Con la planificación de la nueva vía Monay Baguanchi- Tierras Coloradas, se espera que más vehículos se desvíen hacia la vía Emilio Sarmiento en busca de rutas más rápidas y eficientes. Sin embargo, la estructura vial actual de esta vía no está diseñada para soportar eficientemente este crecimiento proyectado del tráfico, lo que acelerará su deterioro y comprometerá su capacidad operativa y seguridad; como consecuencia de ello, se podrían generar problemas graves para la movilidad local, ya que es la única conexión directa entre Monay Baguanchi y El Valle, por ende afectaría la accesibilidad, el desarrollo económico y calidad de vida de los residentes y empresas que dependen de esta vía para sus actividades diarias.

Por este motivo se plantearon tres escenarios para el cálculo de nuevas capas de rodadura para satisfacer las demandas de tráfico.

Primer escenario se asumió un incremento del 20 % del tráfico de la vía El Valle hacia la vía de estudio.

Segundo Escenario se asumió un incremento del 30% del tráfico de la vía El Valle hacia la vía de estudio.

Tercer escenario se asumió un incremento del 40% del tráfico de la vía a El Valle hacia la vía de estudio.

Por lo tanto, es de suma importancia realizar un estudio que abarque un análisis del tráfico, diseño geométrico, evaluaciones de capacidad estructural y propuestas de diseño adaptadas a las condiciones locales con el fin de garantizar la durabilidad, seguridad y eficiencia operativa de este corredor vial clave.

1.4. ESTADO DEL ARTE

El diseño geométrico y estructural de vías es un área de investigación fundamental en el campo de la ingeniería civil y el transporte, especialmente en lo relacionado con el desarrollo y optimización de la infraestructura vial en zonas estratégicas como Cuenca, Azuay, Ecuador.

En la literatura se analizan varios métodos y enfoques para la geometría de carreteras y el diseño de la construcción. Desde un punto de vista geométrico, los estudios de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y las directrices de diseño de carreteras del Ministerio de Transporte e Infraestructura del Ecuador proporcionan la principal guía para la selección de alineamientos, curvas y elevaciones horizontales y verticales y la optimización de seguridad vial. En cuanto al diseño de la estructura, son fundamentales estudios locales sobre el comportamiento de los materiales del suelo y pavimento. Se tienen en cuenta aspectos como la resistencia a las cargas, la durabilidad del material, la gestión del drenaje y la protección contra los daños medioambientales. Además, los avances tecnológicos han introducido herramientas como BIM, levantamientos topográficos mediante drones y simulación de tráfico mediante software especializado que enriquecen el proceso de diseño y aumentan la precisión y eficiencia de la planificación de la infraestructura vial.

Para el Diseño Geométrico de la vía se tomó como referencia las Normas del Ministerio de

Transporte y Obras Públicas, MTOP, donde se basan en velocidades de diseño según el tipo de carreta, y el TPDA. Para la vía de estudio se consideró una velocidad de diseño de 50 km/h. (MTOP, 2003)

En el contexto específico de la vía Emilio Sarmiento, estudios y proyectos previos han explorado aspectos como el impacto ambiental, la optimización de piezas clave y la integración de soluciones innovadoras para mejorar la experiencia del usuario y garantizar la sostenibilidad de la infraestructura en el largo plazo. En resumen, el diseño geométrico y estructural de la Vía Emilio Sarmiento entre la Vía Monay Baguanchi y la Vía al Valle abarca una amplia gama de conocimientos y métodos, desde estándares internacionales hasta estudios locales que integran nuevas tecnologías para promover el desarrollo e infraestructuras eficientes, seguras y sostenibles.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Diseño geométrico y estructural de la Vía Emilio sarmiento entre la vía Monay Baguanchi y la vía a El Valle, perteneciente al cantón Cuenca provincia de Azuay.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico del terreno para adquirir la información necesaria y exacta sobre el trazado existente y las características topográficas de las áreas de estudio.
- Realizar los estudios Geotécnicos de la vía Emilio Sarmiento.
- Realizar el diseño geométrico de la vía Emilio Sarmiento.
- Realizar el diseño de la estructura de pavimento flexible.
- Diseñar y construir los sistemas de drenaje para la adecuada evacuación de aguas lluvia y así evitar inundaciones en la vía.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El diseño geométrico y estructural de una vía se refiere al proceso mediante el cual se realiza la planificación y construcción de una infraestructura vial, tomando en cuenta los aspectos geométricos que determinan la forma y configuración de la vía como los aspectos estructurales que aseguran su desempeño.

En términos geométricos, el diseño abarca la determinación de la posición horizontal y vertical de la vía, la selección de curvas y elevaciones adecuadas a la velocidad diseñada, la determinación del ancho de la vía y de las calzadas, la ubicación estratégica de las intersecciones y cruces y el cumplimiento de los factores de seguridad vial como señales y dispositivos de control de tráfico.

Por otro lado, en el diseño estructural se centra en aspectos como la selección de los materiales para el proceso de construcción para la capa de rodadura, la base y la subbase de la vía, la determinación de espesores y resistencias para asegurar la capacidad portante y estabilidad del tráfico, el diseño de sistemas de drenaje para evitar problemas de inundaciones y erosión, así como el desarrollo de proyectos de integración de elementos de seguridad pasiva como barreras y elementos de protección para peatones y ciclistas.

En el Ecuador, el diseño geométrico y estructural de las vías está regulado por los reglamentos y normas técnicas desarrolladas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y otras autoridades regulatorias, que tienen como objetivo garantizar que las vías cumplan con los requisitos necesarios de calidad, seguridad y funcionalidad para el transporte y movimiento óptimo del usuario.

2.1. Carreteras

Las carreteras son vías de transporte terrestre de uso y dominio público, diseñadas y construidas con el fin de permitir la circulación de los vehículos de manera fluida y segura.

El propósito principal de una es garantizar una ruta segura y eficiente para el transporte de personas y bienes. Esto implica facilitar el movimiento de vehículos de manera fluida y segura, reduciendo los tiempos de viaje y disminuyendo los riesgos de accidentes. Asimismo, las carreteras buscan fortalecer la conectividad entre distintas regiones y comunidades, estimulando así el intercambio comercial, el turismo y el crecimiento socioeconómico. Además, las carreteras tienen como objetivo mejorar la conectividad entre diferentes áreas geográficas y comunidades, promoviendo el intercambio comercial, el turismo y el desarrollo económico y social. También contribuyen a la integración territorial y facilitan el acceso a servicios esenciales como atención médica, educación y actividades comerciales. (Grisales, 2013)

2.1.1. Clasificación de las vías

En Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), ha clasificado las carreteras basándose principalmente en el volumen de tráfico y la cantidad de calzadas necesarias, más que en su función jerárquica. Este criterio se incorpora para establecer los fundamentos de la estructura de la red vial del país en el nuevo milenio. El cuadro III-2 muestra la relación entre la función jerárquica y la clasificación de las carreteras según el MTO. (MTO, 2003)

Tabla 9

Clasificación de carreteras.

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO PROYECTADO TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP 2003

2.1.2. Clasificación de carreteras según su TPDA

Se ha considerado plantear esta clasificación con el fin de mejorar la eficiencia y seguridad en el tránsito vehicular que considera los datos de tráfico a nivel nacional obtenidos por el MTOP (Sept/2012), donde se pudo concluir que existen muchas vías que rebasan la barrera de los 80.000 vehículos diarios (TPDA), que existe un número muy alta de accidentes de tránsito, y también por diversos estudios realizados, el parque automotor ha crecido considerablemente a una tasa promedio del 6% anual durante los últimos 14 años. (MTOP, 2003)

Por lo tanto, se concluye la necesidad de tener una nueva orientación al dimensionamiento de las nuevas vías, donde no solo se contemple la tendencia actual, sino también la futura, lo que permita obtener una verdadera eficiencia y seguridad efectiva a todos los usuarios.

Para la normalización de la estructura de la red vial del país, se ha clasificado a las carreteras según el volumen de tráfico que se procesará en el año de diseño. La tabla 1 presenta la clasificación de carreteras en función del TPDA. (MTOP, 2003)

De acuerdo con esta clasificación, las vías deberán ser diseñadas según las características funcionales y geométricas en función del incremento del tráfico.

Tabla 10

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE AL TPDA			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP, 2003

2.1.3. Clasificación de carretera según su función

2.1.3.1. Carreteras de primer orden

Las carreteras de primer orden o primarias son aquellas que cumplen un papel crucial al integrar las zonas clave de producción y consumo dentro de un país, así como en su conexión con otras naciones. Estas vías incluyen tramos troncales, transversales y de acceso a las capitales departamentales. Son consideradas como la columna vertebral de la red vial, facilitando el flujo eficiente de bienes y personas. Este tipo de carreteras puede ser diseñado con calzadas divididas si así lo requiere el proyecto, asegurando una distribución adecuada del tráfico y una mayor seguridad vial. Además, es indispensable que estas carreteras estén pavimentadas, garantizando una superficie durable y apta para el tránsito constante de vehículos. (Grisales, 2013)

2.1.3.2. Carreteras de segundo orden

Las carreteras de segundo orden o secundarias son aquellas vías que conectan entre sí las cabeceras municipales o que se extienden desde una cabecera municipal hasta enlazarse con una carretera primaria. Estas vías son esenciales para facilitar la movilidad dentro de una región y para conectar áreas urbanas y rurales. (Grisales, 2013)

Las carreteras secundarias pueden estar pavimentadas o en afirmado, dependiendo de las necesidades y características de la zona. El pavimento proporciona una superficie más duradera y adecuada para el tráfico vehicular, mientras que el afirmado puede ser una opción viable en áreas menos transitadas o donde la inversión en pavimentación no sea prioritaria. (Grisales, 2013)

2.1.3.3. Carreteras de tercer orden

Las carreteras de tercer orden o terciarias son aquellas vías que conectan las cabeceras municipales con sus respectivas veredas, así como las veredas entre sí. Estas vías de acceso son fundamentales para garantizar la conectividad y el acceso a las comunidades rurales. (Grisales, 2013)

Generalmente, las carreteras terciarias funcionan en afirmado, es decir, con una superficie de tierra compactada que permite el tránsito vehicular básico. Sin embargo, si se decide pavimentarlas, deben cumplir con las condiciones geométricas establecidas para las carreteras secundarias. Esto garantiza que la vía pavimentada sea segura y adecuada para el tráfico de acuerdo con los estándares de diseño vial. (Grisales, 2013)

2.2. Levantamiento Topográfico

Realizar un levantamiento topográfico es clave para obtener información precisa sobre la forma y ubicación de un terreno específico. Este proceso implica medir y registrar cuidadosamente datos en el terreno, como la posición horizontal y vertical de puntos importantes, la altura y la inclinación

del terreno, entre otros detalles relevantes. Su utilidad se extiende a diversas áreas, como la construcción, la planificación de carreteras, la minería, la agricultura y la ecología. (Grisales, 2013)

Para llevar a cabo un levantamiento topográfico, se emplean herramientas como teodolitos, niveles y estaciones totales, así como tecnologías modernas como drones y sistemas de posicionamiento global (GPS). Los datos obtenidos se utilizan para crear mapas topográficos, planos de sitio y otros documentos necesarios para proyectos de construcción y actividades en el terreno. (Grisales, 2013)

2.3. Estudio de Tráfico

El diseño de una carretera o de una sección se basa en gran medida en datos relacionados con el tráfico, que se comparan con la capacidad máxima de la vía para absorber vehículos. Esta comparación directa afecta directamente a cómo se diseñan las características geométricas de la carretera. (ASTECC, 2003)

Para obtener información sobre el tráfico, es necesario determinar tanto el tráfico actual (incluyendo volúmenes y tipos de vehículos) como realizar estudios y pronósticos para el tráfico futuro. (AASHTO, 1993)

En proyectos viales que implican mejorar carreteras existentes o construir nuevas entre puntos ya conectados, es relativamente sencillo cuantificar el tráfico actual y pronosticar la demanda futura. Sin embargo, en zonas menos desarrolladas o que aún no han sido explotadas, la estimación del tráfico se vuelve más complicada e incierta, una situación que se da con frecuencia en nuestro país debido a sus extensas áreas que aún no se han aprovechado completamente.

Es importante tener en cuenta que los proyectos de carreteras en estas zonas no son proyectos aislados, sino que están interconectados con otros proyectos de infraestructura destinados a aprovechar los recursos disponibles, como proyectos de colonización, agricultura, riego, energía

hidroeléctrica o termoeléctrica, y comercialización, entre otros. Como resultado, la demanda futura de tráfico será el resultado de la combinación de todos estos proyectos y debe ser analizada en consecuencia.

Por último, es recomendable no solo estimar la demanda más probable, sino también considerar cifras de estimaciones máximas y mínimas para comprender cómo influirían las situaciones extremas previsibles en el proyecto.

2.3.1. Tráfico Actual

El tráfico actual se refiere al número de vehículos que transitan por una carretera antes de que se realice cualquier mejora o al volumen de tráfico que circularía en una carretera nueva si ya estuviera en funcionamiento. En el caso de una carretera que será mejorada, el tráfico actual incluye dos componentes:

Tráfico Existente: Este es el volumen de tráfico que ya utiliza la carretera antes de cualquier mejora, obtenido a través de estudios de tráfico previos. (ASTECC, 2003)

Tráfico Desviado: Este es el tráfico que se desplaza desde otras carreteras o medios de transporte hacia la carretera mejorada una vez que esté en funcionamiento, debido a ahorros en tiempo, distancia o costos que ofrece la nueva vía. (ASTECC, 2003)

En caso de una carretera nueva, el tráfico actual estaría constituido por el tráfico desviado y eventualmente por el tráfico inicial que produciría el desarrollo del área de influencia de la carretera. (ASTECC, 2003)

Tabla 11

Tasas de crecimiento del Tráfico.

TASAS DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO		
TIPOS DE VEHÍCULOS	PERIODO	
	1990 - 2000	2000 - 2010
LIVIANOS	5	4
BUSES	4	3.5
CAMIONES	6	5

Fuente: Normas de Diseño Geométrico para Carreteras (p. 18), T.A.M.S.-ASTECC,2003,

2.3.2. Relación del Tráfico vehicular con la población

Uno de los modelos a usarse es el NOBEL LOGIT, con el que se determina la ecuación de ajuste y de proyección para la tasa de motorización con posibles tasas de saturación. (ASTECC, 2003)

$$Tm = a + b * t$$

Donde:

Tm = Tasa de motorización (No. Vehículos /1000 Hab.)

A,b = Coeficiente de ajuste

t = Tiempo en años

Conociendo la curva o curvas de ajuste, se determina la tasa de motorización (Tm) para años futuros, que relacionándola con la población de ese año se obtiene el volumen vehicular futuro.

2.3.3. Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

La unidad de medida utilizada para el tráfico en una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual, abreviado como TPDA. Para calcular el TPDA, se deben considerar varios aspectos:

- En vías de un solo sentido, el tráfico se calcula en ese sentido específico.
- En vías de doble sentido, se toma en cuenta el volumen de tráfico en ambas direcciones.
- Por lo general, el número de vehículos al final del día es similar en ambas direcciones.
- En autopistas, se calcula el TPDA para cada sentido de circulación debido al flujo direccional, que determina diferentes composiciones y volúmenes de tráfico en un mismo período.

Es importante mencionar que el análisis del TPDA puede realizarse considerando el volumen de tráfico en ambas direcciones, pero debe quedar claro para evitar errores en cálculos futuros.

Para determinar el TPDA de manera precisa, sería ideal contar con una estación de conteo permanente que registre las variaciones diarias, semanales y estacionales del tráfico. Además, tener datos de varios años proporcionaría una base confiable para pronosticar el crecimiento futuro del tráfico. Como no siempre se dispone de estaciones permanentes en todas las rutas, se pueden realizar estimaciones utilizando muestreos de 24 horas durante varios días por semana, incluyendo sábados y domingos. Estas muestras deben corresponder a los meses y semanas más representativos del año para considerar las variaciones estacionales máximas y mínimas. (ASTECC, 2003)

Los resultados obtenidos se procesan para entender la relación entre los volúmenes de tráfico en días normales y fines de semana, y se realizan ajustes para obtener el TPDA semanal. Finalmente, se puede ajustar el TPDA semanal utilizando factores mensuales obtenidos de estaciones permanentes cuando están disponibles, o utilizando patrones de variación estacional como la periodicidad de las cosechas. (ASTECC, 2003)

2.3.3.1. Cálculo de variaciones (factores)

Para calcular el TPDA a partir de una muestra, se utilizan cuatro factores de variación:

Factor Horario (FH): Permite convertir el volumen de tráfico registrado en un cierto número de horas en un Volumen Diario Promedio.

Factor Diario (FD): Transforma el Volumen Diario Promedio en un Volumen Semanal Promedio.

Factor Semanal (FS): Convierte el Volumen Semanal Promedio de tráfico en un Volumen Mensual Promedio.

Factor Mensual (FM): Transforma el Volumen Mensual Promedio de tráfico en el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde: $T_0 = \text{Tráfico observado}$

2.3.4. Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional

En caso de no contar con la información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible.

$$Tf = Ta (1 + i)^n$$

Donde:

Tf = Tráfico futuro o proyectado

Ta = Tráfico actual

i = Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles).

n = Número de años proyectados

2.3.5. Tráfico Futuro

La estimación del volumen y la composición del tráfico se fundamenta en la situación actual del tráfico y proyecta hacia adelante, típicamente a unos 15 o 20 años, considerando el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. Estas proyecciones son fundamentales para la clasificación de las carreteras y tienen un gran impacto en la determinación de la velocidad de diseño y otros aspectos geométricos del proyecto. (ASTECC, 2003)

Además, esta predicción es crucial para identificar cuándo una carretera necesita mejorar su superficie de rodadura o ampliar su capacidad. Esto se logra al comparar el flujo máximo que una carretera puede soportar con el volumen correspondiente a la 30ava hora, es decir, el trigésimo volumen horario anual más alto que solo se supera por otros 29 volúmenes horarios durante un año específico. (ASTECC, 2003)

En el contexto ecuatoriano, aún no se han llevado a cabo investigaciones específicas para determinar los volúmenes correspondientes a la 30ava hora. Sin embargo, basándonos en investigaciones previas sobre la composición del tráfico, se estima que el volumen horario máximo con relación al TPDA oscila entre el 5% y el 10%. (ASTECC, 2003)

2.3.6. Tráfico Generado

El tráfico generado abarca los desplazamientos que se producirían exclusivamente debido a las mejoras propuestas, como:

- Viajes que no se efectuaban antes.
- Viajes realizados previamente mediante transporte público.
- Viajes previos con otros destinos que ahora se dirigen hacia la carretera mejorada.

Por lo general, este tipo de tráfico se manifiesta dentro de los dos años posteriores a la finalización de las mejoras o la construcción de una carretera. Aunque en el país no existen estudios específicos sobre el comportamiento del tráfico generado, es fundamental contar con una estimación que vincule el nivel de mejora con el volumen de tráfico. (ASTECC, 2003)

En este contexto, se ha establecido que el volumen de tráfico generado al completar el proyecto será un porcentaje del tráfico normal esperado durante el primer año de funcionamiento. Este porcentaje se calcula como la mitad del ahorro en los costos para los usuarios, expresado también como porcentaje. Por ejemplo, si los costos para los usuarios disminuyen en un 20%, el tráfico generado sería el 10% del volumen de tráfico normal pronosticado para el primer año de operación de la carretera. (ASTECC, 2003)

Para evitar estimaciones excesivamente altas o poco realistas en casos poco comunes donde se producen grandes ahorros para los usuarios debido a la mejora de una carretera con un tráfico relativamente importante, se establece un límite máximo de incremento por tráfico generado, equivalente al 20% del tráfico normal para el primer año de operación del proyecto. Para los años siguientes del periodo de pronóstico, se prevé que el tráfico generado aumente a la misma tasa que el tráfico normal.

2.3.7. Tráfico por Desarrollo

Este tipo de tráfico surge debido a la inclusión de nuevas áreas en la actividad económica o al aumento de la producción en tierras ubicadas cerca de la carretera. Esta componente del tráfico futuro puede continuar aumentando a lo largo de parte o todo el período de estudio, considerándose su efecto a partir de la entrada en servicio de la carretera para los usuarios. (MTOPT, 2003)

En cada proyecto, se determinará el factor de expansión del tráfico por desarrollo que debe aplicarse para calcular el TPDA correspondiente, utilizando datos provenientes de los Contajes de

Tráfico y estudios de Origen y Destino. Este enfoque puede emplearse hasta que se desarrolle un método o modelo matemático más eficiente y práctico. (MTOP, 2003)

Es importante destacar que no es recomendable proyectar los flujos de tráfico únicamente basándose en tendencias históricas, ya que cambios repentinos en las circunstancias (como el desarrollo de nuevas áreas, el inicio de una nueva industria, la promoción turística de una región, entre otros) pueden alterar dichas tendencias o modificarlas en el futuro previsible. En la medida de lo posible, se deberían realizar proyecciones considerando los planes de desarrollo, previsiones industriales, etc., de las áreas impactadas. (MTOP, 2003)

2.4. Diseño Geométrico

El proceso de diseño geométrico es la fase en la que se establecen todas las especificaciones de la estructura vial en sus tres dimensiones: planta, alzado y sección transversal. Esto incluye las facilidades de circulación y los elementos esenciales para garantizar la seguridad vial. Estas especificaciones están relacionadas con la importancia jerárquica de la carretera dentro de la red, las condiciones de los usuarios, las características mecánicas de los vehículos y los requisitos geométricos de las vías, determinados en función del volumen de tráfico y el nivel de servicio proyectado para un año futuro. (ASTECH, 2003)

2.4.1. Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño es la velocidad máxima segura para que los vehículos circulen en un camino bajo condiciones atmosféricas y de tráfico favorables. Esta velocidad se determina considerando factores como la topografía del terreno, la importancia de la vía, el volumen de tráfico y el uso del suelo, buscando un equilibrio óptimo entre seguridad, eficiencia y movilidad. Esta velocidad se utiliza para calcular los elementos geométricos de la vía, como su alineamiento horizontal y vertical. (ASTECH, 2003)

Elegir adecuadamente la velocidad de diseño es esencial. Es importante mantener una velocidad constante para el diseño de cada tramo de carretera. Sin embargo, los cambios en la topografía pueden requerir ajustes en la velocidad de diseño en ciertos tramos. Cuando esto ocurre, la introducción de una velocidad de diseño mayor o menor no debe hacerse de manera abrupta, sino a lo largo de una distancia suficiente que permita al conductor ajustar su velocidad gradualmente antes de llegar al tramo con una velocidad de diseño diferente. La diferencia entre las velocidades de dos tramos consecutivos no debe superar los 20 km/h. Se debe implementar una señalización progresiva adecuada en el lugar, indicando el aumento o disminución de la velocidad.

La velocidad de diseño debe seleccionarse considerando el tramo más desfavorable de la carretera y debe mantenerse en una longitud mínima de entre 5 y 10 kilómetros. Una vez elegida la velocidad, todas las características del camino deben adaptarse a ella para lograr un proyecto equilibrado. Siempre que sea posible, se recomienda utilizar valores de diseño superiores a los mínimos establecidos. (ASTECC, 2003)

La mayoría de los caminos se diseñan para satisfacer las necesidades del tránsito durante un período de hasta 20 años después de la finalización del proyecto. Con una planificación adecuada, los elementos de la sección transversal de un camino pueden modificarse en el futuro sin demasiada dificultad, mientras que los cambios en los alineamientos horizontal y vertical implican gastos y consideraciones significativas. (Grisales, 2013)

En resumen, hay tres aspectos básicos y decisivos en la elección de la velocidad de diseño:

Naturaleza del terreno: Es evidente que un camino en una zona llana o ligeramente ondulada tendrá una velocidad mayor que uno en una zona muy ondulada o montañosa, o uno en una zona rural en comparación con uno en una zona urbana.

Modalidad de los conductores: Un conductor no ajusta la velocidad de su vehículo según la

importancia del camino en el proyecto, sino según las limitaciones del lugar o del tráfico, y sus propias necesidades o urgencias. Los conductores tienden a viajar a una velocidad que eligen instintivamente, que puede ser alta para el camino. Este aspecto debe estudiarse en detalle, ya que al proyectar se debe preferir un valor que corresponda al deseo de la mayoría de los usuarios.

El factor económico: Las consideraciones económicas deben enfocarse en el costo de operación de los vehículos a velocidades elevadas y el alto costo de las obras necesarias para atender un tránsito de alta velocidad.

2.4.2. Velocidad de Circulación

La velocidad de circulación se refiere a la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera. Se calcula dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo que el vehículo tarda en recorrerla, o sumando las distancias recorridas por todos los vehículos, o por un grupo específico, y dividiéndola entre la suma de los tiempos de recorrido correspondientes. (ASTECC, 2003)

Esta velocidad es una medida de la calidad del servicio que la carretera ofrece a sus usuarios. Por lo tanto, para el diseño de carreteras, es crucial conocer las velocidades a las que se espera que circulen los vehículos, teniendo en cuenta los diferentes volúmenes de tráfico. (ASTECC, 2003)

Cuando aumenta el número de vehículos en una carretera, la velocidad a la que circulan tiende a reducirse debido a la congestión y la interferencia entre los vehículos. Esta relación se representa comúnmente en la figura 1, donde se muestra que a medida que el volumen de tránsito aumenta:

La velocidad de circulación disminuye debido a tiempos de espera más largos en puntos críticos como intersecciones y entradas/salidas. (MTOPT, 2003)

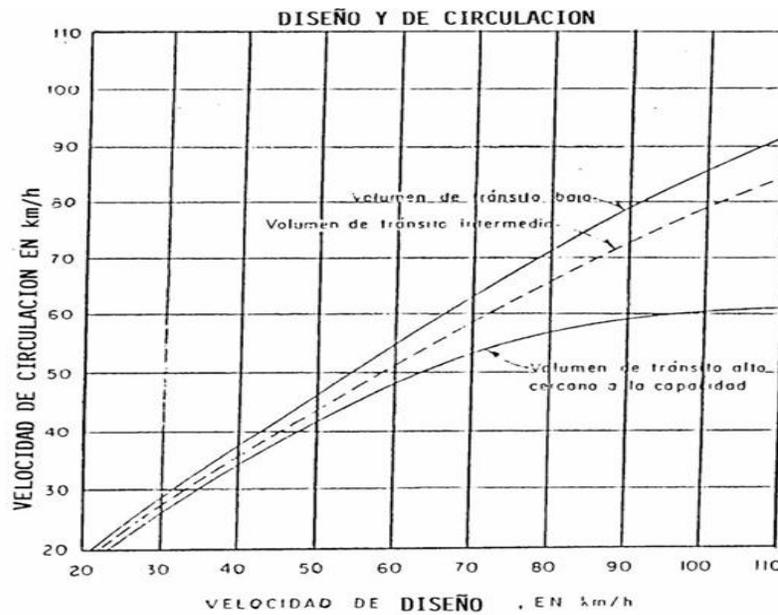
Los vehículos deben ajustar su velocidad para mantener una distancia segura entre ellos, lo que contribuye aún más a la reducción de la velocidad promedio.

Cuando el volumen de tránsito alcanza la capacidad máxima de la carretera, la velocidad de los vehículos está más influenciada por la saturación del tráfico que por la velocidad de diseño de la carretera. (MTO, 2003)

Es esencial considerar esta dinámica al diseñar carreteras y planificar la gestión del tráfico para optimizar tanto la capacidad como la seguridad del sistema vial.

Figura 2

Relaciones entre las velocidades de Diseño y de Circulación.



Fuente: Adaptada de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (p.32), por T.A.M.S. -ASTEC, 2003.

Tabla 12*Velocidades de Circulación.*

VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN Km/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003

2.4.3. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal de una carretera se refiere a la representación del eje del camino en un plano horizontal. Este alineamiento está compuesto por diferentes elementos, como las tangentes y las curvas, ya sean circulares o de transición. En tramos rectos, la proyección del eje define la tangente, mientras que la conexión entre dos tangentes consecutivas de direcciones distintas se realiza mediante una curva. (MTOP, 2003)

La determinación del alineamiento horizontal considera varios factores, entre ellos: la topografía y las características hidrológicas del terreno, las condiciones de drenaje, las propiedades técnicas de la subrasante y las cualidades de los materiales disponibles en la zona. Estos elementos influyen en la configuración y diseño del alineamiento para garantizar un trazado óptimo y seguro de la carretera. (MTOP, 2003)

2.4.3.1. Tangentes

Las secciones de carretera recta, llamadas tangentes, se conectan a través de curvas, y la longitud entre el final de una curva y el inicio de la siguiente se conoce como la tangente intermedia. Es esencial limitar la longitud de estas tangentes intermedias, ya que las versiones muy extensas pueden aumentar el riesgo de accidentes. Esto se debe a que los conductores podrían distraerse o sentir somnolencia al mantenerse en un camino recto por largos períodos, especialmente durante la noche. Una alternativa más segura es diseñar tramos de carretera con alineaciones curvas que tengan radios más amplios, evitando así los problemas asociados con las tangentes intermedias prolongadas. (ASTECC, 2003)

2.4.3.2. Curvas circulares

Las curvas circulares son segmentos de círculo utilizados para conectar dos tangentes consecutivas en la proyección horizontal de una carretera. Estas curvas pueden ser simples o compuestas. (Grisales, 2013)

Grado de curvatura: Uno de sus elementos distintivos es el grado de curvatura, que representa el ángulo formado por un arco de 20 metros de longitud. Su valor máximo es aquel que garantiza un recorrido seguro a través de la curva, considerando el peralte máximo y la velocidad de diseño establecida. Su fórmula es la siguiente:

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

Radio de curvatura: El radio de una curva circular se representa como "R" y su cálculo está relacionado con el grado de curvatura mediante una fórmula específica.

$$R = \frac{1145.92}{G_c}$$

2.4.3.3. Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

La curvatura horizontal de una vía se define por el radio mínimo de la curva, el cual garantiza la seguridad del tránsito a una velocidad de diseño determinada, considerando el máximo peralte (e) permitido y el coeficiente de fricción lateral (f) aplicable. Utilizar curvas con radios por debajo del mínimo establecido implicaría adoptar peraltes que exceden los límites seguros de operación de los vehículos. Por tanto, el radio mínimo es un aspecto crítico en el diseño del alineamiento vial. Para calcular el radio mínimo (R) de forma segura, se emplea la siguiente fórmula: (MTOPI, 2003)

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

R= Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V= Velocidad de diseño, Km/h

f= Coeficiente de fricción lateral

e= Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada)

A continuación, se incluye un cuadro con valores mínimos recomendables para el radio de la curva horizontal.

Tabla 13*Radios mínimos y grados máximos de Curvas Horizontales para distintas Velocidades de**Diseño.*

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32°44'	30.8	30	38°12'
40	0.17	60	60	19°06'	54.8	35	20°50'
50	0.16	98.4	100	11°28'	89.5	90	12°44'
60	0.15	149.2	150	7°24'	135	135	8°29'
70	0.14	214.3	215	5°20'	192.9	195	5°53'
80	0.14	280	280	4°05'	252	250	4°35'
90	0.13	375.2	375	3°04'	335.7	335	3°25'
100	0.12	492.1	490	2°20'	437.4	435	2°38'
110	0.11	635.2	635	1°48'	560.4	560	2°03'
120	0.09	872.2	870	1°19'	755.9	775	1°29'

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	32°44'	26.2	25	45°50'
40	0.17	50.4	50	22°55'	46.7	45	25°28'
50	0.16	82	80	14°19'	75.7	75	15°17'
60	0.15	132.2	120	9°33'	113.4	115	9°58'
70	0.14	175.4	175	6°33'	160.8	160	7°10'
80	0.14	229.1	230	4°59'	210	210	5°27'
90	0.13	303.7	305	3°46'	277.3	275	4°10'
100	0.12	393.7	395	2°54'	357.9	360	3°11'
110	0.11	501.5	500	2°17'	453.7	455	2°31'
120	0.09	667	665	1°43'	596.8	595	1°56'

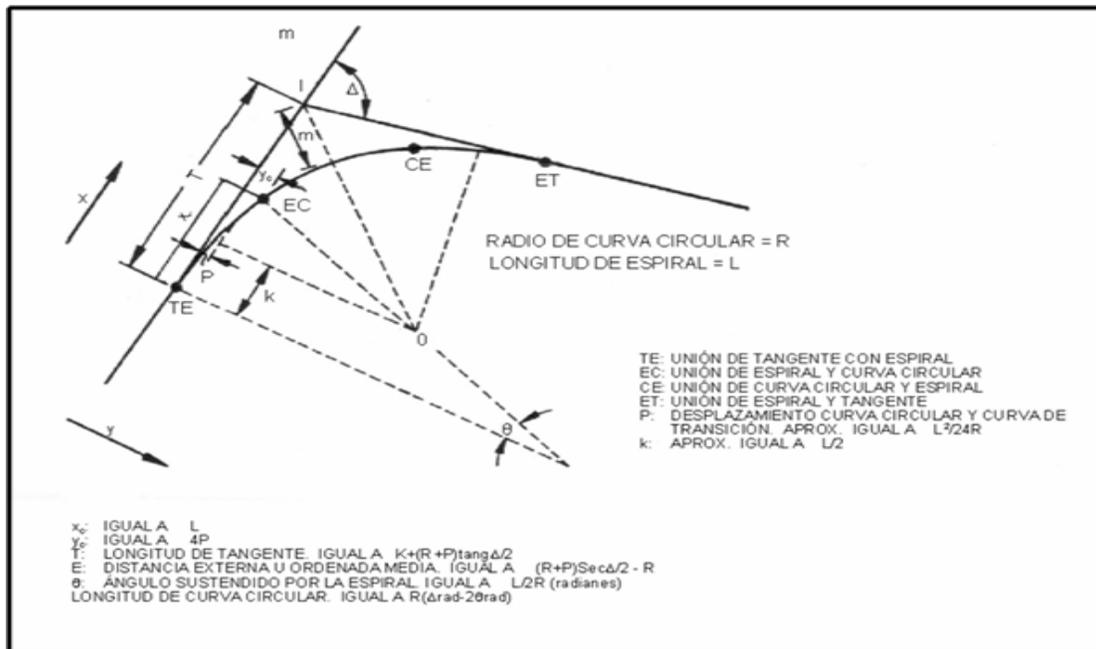
Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.134), 2013

2.4.3.4. Curvas Horizontales de Transición

Las curvas de transición son aquellas que conectan de manera gradual el tramo recto con la curva circular, permitiendo un desarrollo progresivo tanto del peralte como del sobreechancho. Su característica principal radica en que, a lo largo de la curva de transición, se produce de forma continua el cambio en el radio de curvatura, partiendo de un valor infinito en la tangente hasta alcanzar el radio de la curva circular. Durante este proceso, tanto la variación de la curvatura como la aceleración centrífuga son constantes a lo largo de la curva. La rapidez del cambio depende de la longitud de la espiral, siendo más marcado en curvas de transición más cortas. Estas curvas son fundamentales para mejorar la seguridad, facilitando la entrada en la curva y manteniendo a los vehículos dentro de su carril de forma más efectiva. (Grisales, 2013)

Figura 3

Componentes de la Curva Circular y espirales.



Fuente: Adaptada de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.134), 2013

La transición en espiral facilita el manejo del volante, evitando cambios bruscos en la aceleración radial, lo cual provoca incomodidad tanto al conductor como a los pasajeros. La fuerza centrífuga aumenta gradualmente hasta llegar a la curva circular y disminuye de manera inversa al salir de la curva, alcanzando nuevamente la tangente. (MTOPI, 2003)

Esta longitud de transición se refiere a la distancia a lo largo de la carretera en la cual se pasa de una sección con pendientes transversales normales, que corresponde a una sección en tangente, a una sección con pendiente elevada en un solo sentido, con su punto más bajo hacia el interior de la curva. (MTOPI, 2003)

Asimismo, la curva de transición proporciona una distancia adecuada para la construcción de los sobrecanchos necesarios en la curva circular. Existen varios métodos para calcular la longitud de la curva de transición en espiral. El primer método fue desarrollado por Shortt en 1909 para el diseño de curvas horizontales en ferrocarriles y posteriormente se aplicó al diseño de curvas en carreteras. La longitud mínima de transición de la espiral (L_e) se expresa de la siguiente manera:

$$L_e = 0.0702 * (V^3/RC) \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Dónde:

L_e = Longitud mínima de la espiral, m

V = Velocidad de diseño, Km/h

R = Radio Central de la curva, m

C = Coeficiente de comodidad y seguridad. Varía entre 1 y 3. (1 para mayor seguridad y confort)

Las longitudes de las espirales en las intersecciones se calculan de manera similar a las de las carreteras abiertas, con la diferencia de que las espirales en intersecciones pueden ser más cortas. Esto se debe a que en las carreteras se utilizan valores de c entre 0.3 y 1.0, mientras que, en las intersecciones, estos valores pueden variar entre 0.75 para velocidades de 80 kilómetros por hora

y 1.2 para velocidades de 30 kilómetros por hora. Las longitudes mínimas de espirales, correspondientes a los radios mínimos que determinan la velocidad de diseño, varían desde 20 metros para velocidades de 30 kilómetros por hora y radios mínimos de 25 metros, hasta 60 metros para velocidades de 70 kilómetros por hora y radios mínimos de 160 metros. (MTOPI, 2003)

Cuando se emplea una espiral, la transición de la sobreelevación generalmente se lleva a cabo a lo largo de la longitud de la espiral. Dependiendo de los factores y la fórmula utilizada, la longitud de una espiral puede ser mayor o menor que la longitud de transición especificada en la Tabla 14, aunque las diferencias no son significativas. Por esta razón, se recomienda, por motivos prácticos, utilizar una única cifra, como la indicada en dicha tabla, para un mejor control del diseño.

Tabla 14

Longitudes de Desarrollo de la Sobreelevación en Carreteras de dos carriles, en metros.

Peralte	Longitud de Transición y Velocidades de Diseño Km/h							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Carriles de 3.65 metros								
0.02	25	30	35	40	50	55	60	65
0.04	25	30	35	40	50	55	60	65
0.06	35	35	40	40	50	55	60	65
0.08	45	45	50	55	60	60	65	70
0.10	55	55	60	65	75	75	80	85
0.12	65	65	75	80	90	90	95	105

Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOPI (p.137), 2013

A continuación, se presentan las tablas en las siguientes Imágenes desde la 01 - 04, conteniendo para carreteras tipo AV1-C1-C2-C3 de dos y cuatro carriles, las longitudes mínimas de transición en función del radio de curva, la sobreelevación con valores máximos de 6, 8 y 10 por ciento, la velocidad de diseño. (MTOPI, 2003)

Figura 4

Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de Diseño, e máx. 6%.

R (m)	Vd=30km/h			Vd=40km/h			Vd=50km/h			Vd=60km/h			Vd=70km/h			Vd=80km/h			Vd=90km/h			Vd=100km/h			Vd=110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	SI	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	SI	56	84	SI	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.1	50	75	2.5	56	84	2.8	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.2	44	66	2.7	50	75	3.1	56	84	3.6	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.8	50	75	3.3	56	84	3.8	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.5	44	66	3.0	50	75	3.5	56	84	4.0	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.2	39	59	2.7	44	66	3.2	50	75	3.7	56	84	4.2	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.1	33	50	2.6	39	59	3.1	44	66	3.6	50	75	4.2	56	84	4.8	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.3	33	50	2.8	39	59	3.4	44	66	3.9	50	75	4.5	56	84	5.1	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.1	39	59	3.6	44	66	4.2	50	75	4.9	56	84	5.4	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.1	28	42	2.8	33	50	3.4	39	59	4.0	44	66	4.6	50	75	5.2	56	84	5.7	61	92
600	SN	0	0	SI	22	33	2.4	28	42	3.1	33	50	3.8	39	59	4.3	44	66	5.0	50	75	5.6	56	84	6.0	61	92
500	SN	0	0	2.1	22	33	2.8	28	42	3.5	33	50	4.2	39	59	4.8	44	66	5.4	50	75	5.9	56	84	Rmin = 560		
400	SI	17	26	2.5	22	33	3.3	28	42	4.0	33	50	4.7	39	59	5.3	44	66	5.9	50	75	Rmin = 435					
300	SI	17	26	3.1	22	33	3.9	28	42	4.6	33	50	5.4	39	59	5.9	44	66	Rmin = 335								
250	2.3	17	26	3.5	22	33	4.2	28	42	5.0	33	50	5.7	39	59	6.0	44	66	Rmin = 250								
200	2.8	17	26	3.9	22	33	4.7	28	42	5.5	33	50	6.0	39	59	Rmin = 195											
175	3.0	17	26	4.1	22	33	5.0	28	42	5.8	35	52	Rmin = 135														
150	3.3	17	26	4.4	23	34	5.3	29	43	5.9	35	53															
140	3.5	17	26	4.5	23	35	5.4	29	44	6.0	36	54															
130	3.6	17	26	4.6	24	36	5.6	30	45	Rmin = 135																	
120	3.8	18	27	4.8	25	37	5.7	31	46																		
110	3.9	19	28	5.0	26	39	5.8	31	47																		
100	4.1	20	29	5.2	27	40	5.9	32	48																		
90	4.2	20	30	5.4	28	42	6.0	32	49																		
80	4.5	22	32	5.6	29	43	Rmin = 90																				
70	4.7	23	34	5.8	30	45																					
60	5.0	24	36	6.0	31	46																					
50	5.4	26	39	Rmin = 55																							
40	5.8	28	42																								
30	6.0	29	43																								
	Rmin = 30																										

$\theta_{max} = 6.0\%$
R = Radio de curva
V = Velocidad de diseño
e = Tasa de sobreelevación
L = Longitud mínima de transición
SN = Sección Norma
SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal
Crs = Carriles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: Adaptada de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.137),

Figura 5

Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de diseño, e máx. 8%.

R (m)	V _d =30km/h			V _d =40km/h			V _d =50km/h			V _d =60km/h			V _d =70km/h			V _d =80km/h			V _d =90km/h			V _d =100km/h			V _d =110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	2.1	56	84	2.4	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.6	56	84	3.0	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.8	50	75	3.4	56	84	3.9	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.5	44	66	3.0	50	75	3.6	56	84	4.1	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.2	39	59	2.7	44	66	3.2	50	75	3.8	56	84	4.4	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	2.9	44	66	3.4	50	75	4.1	56	84	4.7	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.8	39	59	3.4	44	66	4.0	50	75	4.8	56	84	5.5	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.4	33	50	3.1	39	59	3.7	44	66	4.4	50	75	5.2	56	84	6.0	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.4	39	59	4.1	44	66	4.8	50	75	5.7	56	84	6.5	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.2	28	42	3.0	33	50	3.8	39	59	4.5	44	66	5.3	50	75	6.3	56	84	7.2	62	93
600	SN	0	0	SI	22	33	2.6	28	42	3.4	33	50	4.3	39	59	5.1	44	66	6.0	50	75	6.9	56	84	7.7	66	99
500	SN	0	0	2.2	22	33	3.0	28	42	3.9	33	50	4.9	39	59	5.8	44	66	6.7	51	76	7.6	61	91	8.0	69	103
400	SI	17	26	2.7	22	33	3.6	28	42	4.7	33	50	5.7	39	59	6.6	48	71	7.5	57	85	8.0	64	96	R _{min} = 500		
300	2.1	17	26	3.4	22	33	4.5	28	42	5.6	34	51	6.7	44	66	7.6	55	R _{min} = 305		R _{min} = 395							
250	2.5	17	26	4.0	22	33	5.1	28	42	6.2	37	56	7.3	48	72	7.9	57	85									
200	3.0	17	26	4.6	24	36	5.8	31	47	7.0	42	63	7.9	52	78	R _{min} = 230											
175	3.4	17	26	5.0	26	39	6.2	33	50	7.4	44	67	8.0	52	79.0												
150	3.8	18	27	5.4	28	42	6.7	36	54	7.8	47	70	R _{min} = 175														
140	4.0	19	29	5.6	29	43	6.9	37	56	7.9	47	71															
130	4.2	20	30	5.8	30	45	7.1	38	58	8.0	48	72															
120	4.4	21	32	6.0	31	46	7.3	39	59	R _{min} = 125																	
110	4.7	23	34	6.3	32	49	7.6	41	62																		
100	4.9	23	35	6.5	33	50	7.8	42	63																		
90	5.2	25	37	6.9	36	53	7.9	43	64																		
80	5.5	26	40	7.2	37	56	8.0	43	65																		
70	5.9	28	42	7.5	39	58	R _{min} = 80																				
60	6.4	31	46	7.8	40	60																					
50	6.9	33	50	8.0	41	62																					
40	7.5	36	54	R _{min} = 50																							
30	8.0	38	57																								
			R _{min} = 30																								

$e_{max} = 8.0\%$
R = Radio de curva
V = Velocidad de diseño
e = Tasa de superelevación
L = Longitud mínima de transición
SN = Sección Normal
SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal
Crs = Carriles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: Adaptada de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.138),

Figura 6

Elementos de Diseño para Curvas Horizontales y Velocidades de Diseño, e máx. 10%.

R (m)	V _d =30km/h			V _d =40km/h			V _d =50km/h			V _d =60km/h			V _d =70km/h			V _d =80km/h			V _d =90km/h			V _d =100km/h			V _d =110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0																		
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0																		
3000	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92																		
2500	SN	0	0	SI	50	75	2.2	56	84	2.5	61	92															
2000	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.7	56	84	3.1	61	92												
1500	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.9	50	75	3.5	56	84	4.1	61	92									
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.6	44	66	3.1	50	75	3.8	56	84	4.3	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.3	39	59	2.8	44	66	3.3	50	75	4.0	56	84	4.6	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	3.0	44	66	3.6	50	75	4.3	56	84	5.0	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.9	39	59	3.5	44	66	4.2	50	75	5.1	56	84	5.9	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.2	39	59	3.9	44	66	4.6	50	75	5.6	56	84	6.4	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.5	39	59	4.3	44	66	5.1	50	75	6.2	56	84	7.1	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.3	28	42	3.1	33	50	4.0	39	59	4.8	44	66	5.8	50	75	6.9	56	84	8.0	69	103
600	SN	0	0	SI	22	33	2.7	28	42	3.6	33	50	4.5	39	59	5.5	44	66	6.5	50	75	7.8	62	94	9.0	77	116
500	SN	0	0	2.3	22	33	3.1	28	42	4.2	33	50	5.3	39	59	6.4	46	69	7.6	57	86	8.9	71	107	9.9	85	127
400	SI	17	26	2.8	22	33	3.8	28	42	5.0	33	50	6.3	41	62	7.5	54	81	8.8	67	100	9.8	78	117	R _{min} = 455		
300	2.2	17	26	3.6	22	33	4.8	28	42	6.3	38	57	7.8	51	77	9.0	65	97	9.9	75	112	R _{min} = 360					
250	2.6	17	26	4.2	22	33	5.6	30	45	7.1	43	64	8.7	57	86	9.7	70	105	R _{min} = 275								
200	3.1	17	26	5.0	26	39	6.6	36	53	8.2	49	74	9.6	63	94	R _{min} = 210											
175	3.5	17	26	5.6	29	43	7.1	38	58	8.8	53	79	9.9	65	97.0	R _{min} = 160											
150	4.0	19	29	6.2	32	48	7.8	42	63	9.4	57	85	R _{min} = 115														
140	4.3	21	31	6.4	33	49	8.1	44	66	9.6	58	87	R _{min} = 75														
130	4.5	22	32	6.7	34	52	8.5	46	69	9.8	59	88	R _{min} = 45														
120	4.8	23	34	7.0	36	54	8.8	48	71	10.0	60	90	R _{min} = 25														
110	5.1	24	37	7.4	38	57	9.1	49	74	R _{min} = 115																	
100	5.5	26	40	7.7	40	59	9.5	51	77	R _{min} = 75																	
90	5.9	28	42	8.2	42	63	9.8	53	79	R _{min} = 45																	
80	6.4	31	46	8.6	44	66	10.0	54	81	R _{min} = 25																	
70	6.9	33	50	9.1	47	70	R _{min} = 45																				
60	7.5	36	54	9.6	49	74	R _{min} = 25																				
50	8.2	39	59	10.0	51	77	R _{min} = 25																				
40	9.1	44	65	R _{min} = 45																							
30	9.9	47	71	R _{min} = 25																							

e_{max} = 10.0%

R = Radio de curva

V = Velocidad de diseño

e = Tasa de superelevación

L = Longitud mínima de transición

SN = Sección Normal

SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal

C: = Carriles

CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: Adaptada de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.139), 2013

2.4.3.5. Sobreancho en Curvas

Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales con radios pequeños y carriles angostos para facilitar maniobras de los vehículos de manera eficiente, segura, cómoda y económica. Son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad del conductor al intentar mantenerse en el centro de su carril. En las carreteras modernas con carriles de 3.65 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas ha disminuido, a pesar de las altas velocidades, aunque esta necesidad sigue existiendo en otras condiciones de la vía. (MTOP, 2003)

Para determinar el sobreancho en curvas se utiliza la siguiente formula:

$$S = R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

Donde:

R= Radio de la curva, m

L= Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo, m

S= Sobreancho, m

2.4.3.6. Distancia de Visibilidad en Curvas Horizontales

Las obstrucciones a la visibilidad situadas en el interior de las curvas horizontales, como edificaciones, muros, árboles, barreras longitudinales, taludes y otros obstáculos similares, deben ser consideradas para su eliminación o ajuste en un diseño adecuado. Los factores clave para un buen diseño son la distancia de visibilidad y la velocidad de diseño, que deben ser cuidadosamente analizados y revisados para adaptarse a las condiciones del lugar. Esto puede incluir la recomendación de cambios en los alineamientos o la remoción de obstrucciones, dependiendo de la solución más factible. (MTOP, 2003)

La línea de visión en una curva corresponde a la cuerda de la curva, y la distancia de visibilidad de parada se mide a lo largo del centro del carril interior de dicha curva. Es fundamental que la altura media desde el centro de la curva hasta la obstrucción no obstruya la visibilidad de parada requerida, tanto en sus valores altos como bajos, para satisfacer las necesidades del conductor.

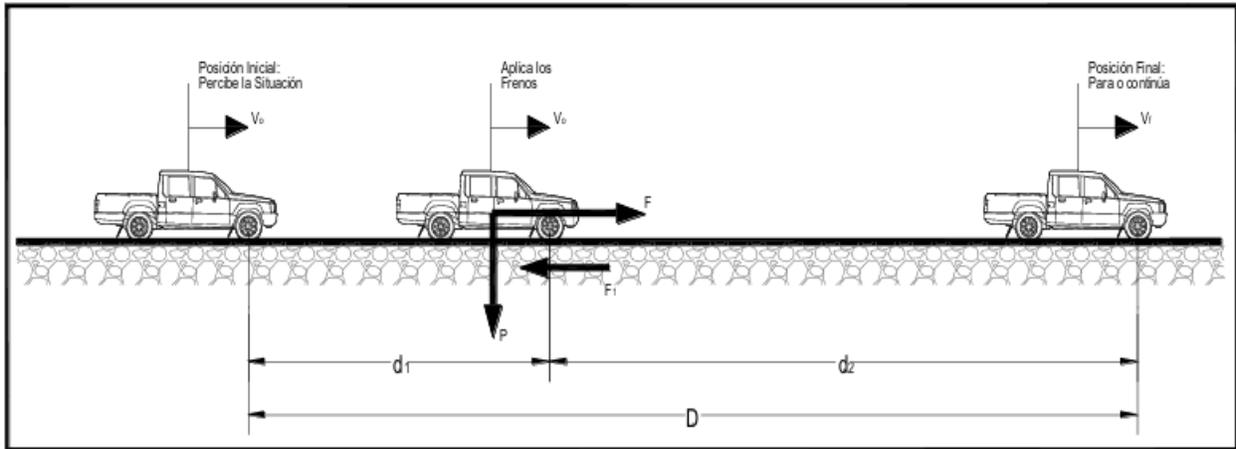
2.4.3.7. Distancias de Visibilidad De Parada

Esta es la distancia que un conductor necesita para detener su vehículo en movimiento cuando se presenta una situación de emergencia o aparece un objeto inesperado en su camino. Esta distancia se estima para garantizar que un conductor y su vehículo, que estén por debajo del promedio, puedan detenerse de manera segura ante un peligro u obstáculo. Representa la distancia mínima de visibilidad que debe considerarse en el diseño geométrico de cualquier carretera, independientemente de su tipo. (Ver figura 7) (MTOP, 2003)

La distancia de visibilidad de parada, D , se compone de dos partes: la distancia de percepción y reacción del conductor, conocida como d_1 , y la distancia de frenado, denominada d_2 . La primera parte, d_1 , depende del estado de alerta y la habilidad del conductor, y representa la distancia que el vehículo recorre desde que el conductor detecta el peligro hasta que presiona el pedal del freno. La segunda parte, d_2 , es la distancia necesaria para detener el vehículo después de que se ha aplicado el freno. (MTOP, 2003)

Figura 7

Distancia de parada.



Fuente: Adaptado de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.125), 2013

El primer componente de la distancia de visibilidad de parada, d_1 , se calcula teniendo en cuenta la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$d_1 = 0.278 * vt \text{ (metros)}$$

Donde:

v = Velocidad inicial, kilómetros por hora.

t = Tiempo de percepción y reacción, que ya se indicó es de 2.5 seg.

La distancia de frenado, d_2 , se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_2 = \frac{v^2}{254} * f \text{ (metros)}$$

Donde:

v = velocidad inicial, kilómetros por hora.

f = coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

El factor f no es constante; es un valor experimental que disminuye de manera inversamente proporcional a la velocidad y puede variar según las siguientes variables:

- Diseño y grosor de la banda de rodadura del neumático, resistencia a la deformación y dureza del material de la banda de rodadura.
- Condiciones y tipos de superficies de rodadura de las carreteras.
- Condiciones meteorológicas.
- Eficiencia de los frenos y del sistema de frenado del vehículo.

Para considerar el efecto de las pendientes, es necesario modificar el denominador de la fórmula anterior de la siguiente manera:

$$D = \frac{v^2}{254} * (f \pm G)$$

Donde:

G = Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada

A continuación, en la tabla se presenta las distancias de visibilidad de parada en terreno de pendiente de subida y bajada.

Tabla 15*Distancias de Visibilidad de parada en pendiente de bajada y subida.*

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
Km/h						
30	30.4	31.2	32.2	29	28.5	28
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.128), 2013**2.4.3.8. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento**

La distancia de visibilidad de adelantamiento se define como la distancia mínima que necesita un conductor para adelantar a otro vehículo que circula a menor velocidad en el mismo carril y dirección. Esta maniobra debe realizarse de manera cómoda y segura, invadiendo temporalmente el carril contrario sin interferir con la velocidad de un vehículo que se aproxima y es visible al iniciar la maniobra. Si el conductor percibe que no puede completar el adelantamiento debido a la proximidad del vehículo que se aproxima, tiene la posibilidad de regresar a su carril. (MTOP, 2003)

La distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase es la suma de cuatro distancias separadas, como se muestra en la figura 8. Cada una de estas distancias se determina según las siguientes descripciones:

- La distancia preliminar de demora (d_1) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$d_1 = 0.278 * t_1 * \left(v - m + a * \frac{t_1}{2} \right)$$

Donde:

v = velocidad promedio del vehículo que rebasa, kilómetros por hora.

t1 = Tiempo de maniobra inicial, segundos.

a = Aceleración promedio del vehículo que efectúa el rebase, en kilómetros por hora por segundo durante el inicio de la maniobra.

m = Diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa, km/h.

- Distancia de adelantamiento (d2) expresado por la siguiente expresión:

$$d_2 = 0.278 * v * t_2$$

Donde:

v = velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, kilómetros por hora

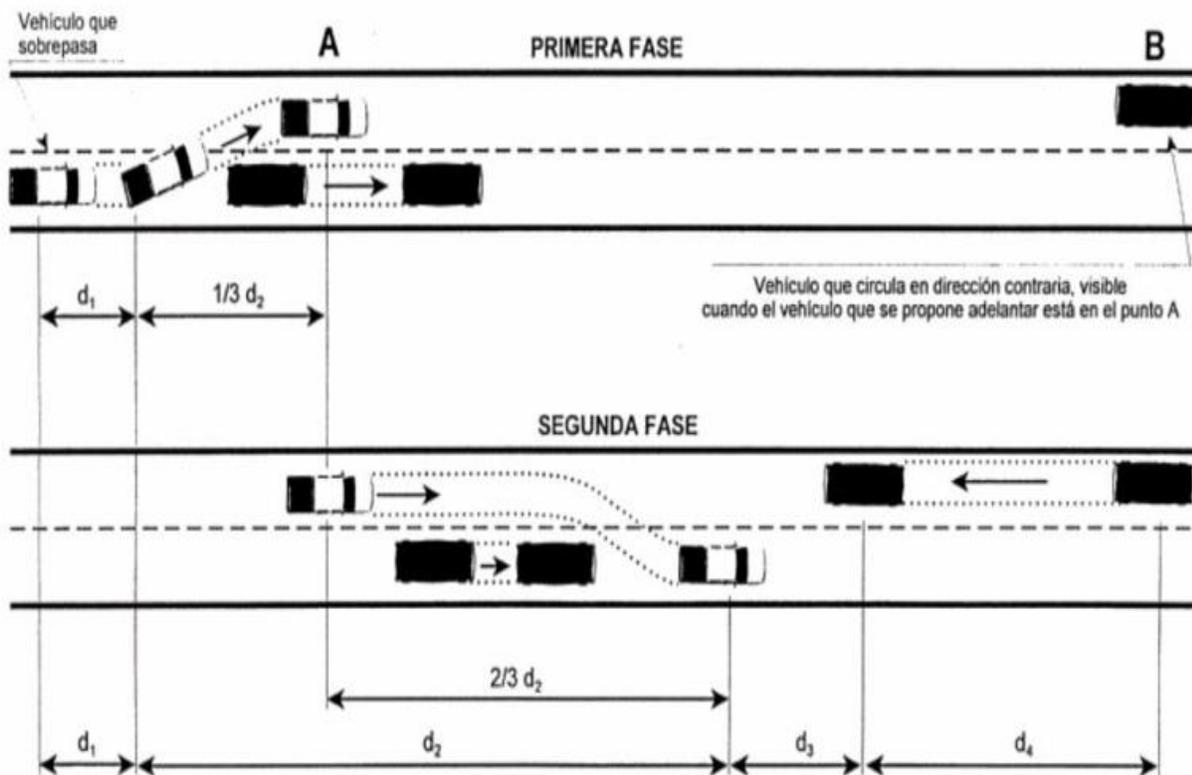
t2 = Tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

- Distancia de seguridad (d3). La experiencia ha demostrado que valores entre 35 y 90 metros son aceptables para esta distancia.

La distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario (d_4) se establece generalmente como dos tercios ($2/3$) de la distancia d_2 . Utilizando este método, se han calculado las distancias de visibilidad de adelantamiento para velocidades de diseño que van desde 30 hasta 100 kilómetros por hora, con incrementos de 10 kilómetros por hora. Los resultados se detallan en la tabla 16, la cual también incluye los parámetros básicos de cálculo para carreteras rurales de dos carriles. (MTO, 2003)

Figura 8

Etapas de maniobras para adelantamiento en carreteras de dos carriles.



Fuente: Adaptado de Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTO (p.130), 2013

Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras de dos carriles, en metros.

Tabla 16

Distancias de visibilidad de adelantamiento.

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h		Distancia mínima de adelantamiento (m)
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.130), 2013

A) Parámetros Básicos

Tabla 17

Parámetros Básicos según la velocidad promedio de adelantamiento.

Velocidad Promedio de adelantamiento (Km/h)	50-65	66-80	81-95	96-110
Maniobra Inicial A= aceleración promedio (Km/h/s)	2,25	2,3	2,37	2,41
t1= Tiempo (s)	3,6	4	4,3	4,5
d1= distancia recorrida (m)	45	65	90	110
Ocupación Carril Izquierdo:				
t2 = Tiempo (s)	9,3	10	10,7	11,3
d2= distancia recorrida (m)	145	195	250	315
Longitud Libre d3= distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo que se aproxima: d4= distancia recorrida (m)	95	130	165	210
Distancia Total: d1+d2+d3+d4, (m)	315	445	580	725

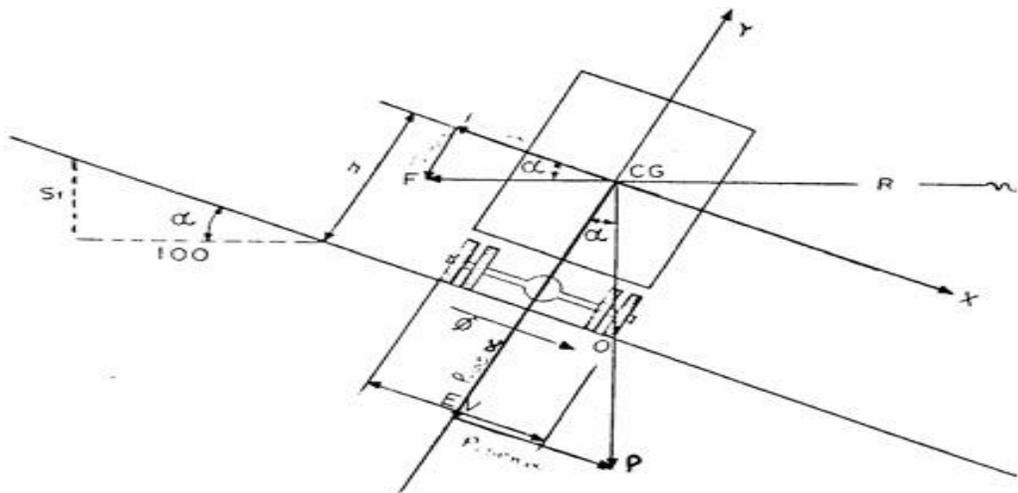
Fuente: Norma para Estudios y Diseños Viales, Vol. 2, MTOP (p.131), 2013

2.4.3.9. Peralte

Cuando un vehículo sigue una trayectoria circular, es empujado hacia el exterior por la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las componentes del peso (P) del vehículo, gracias al peralte, y por la fuerza de fricción generada entre las llantas y la superficie de la calzada. (ASTECC, 2003)

Figura 9

Estabilidad del Vehículo en las curvas.



Fuente: Adaptado de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, T.A.M.S.-ASTECC (p.52),2003.

La Fuerza centrífuga “F” se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{P * V^2}{g * R} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Donde:

P= Peso del Vehículo, Kg.

V= Velocidad de diseño, m/seg.

$g = \text{Aceleración de la gravedad} = 9.78 \text{ m/seg}^2$

$R = \text{Radio de la curvatura circular, m}$

La fórmula para el cálculo del Peralte es la siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f \text{ (ASTEC, 2003)}$$

Donde:

$e = \text{Peralte de la curva, m/m (metro por metro de ancho de la calzada)}$

$V = \text{Velocidad de diseño, Km/h}$

$R = \text{Radio de la curva, m}$

$f = \text{Máximo coeficiente de fricción lateral. (Ver Tabla 7)}$

Tabla 18

Valores límites permisibles de "F" según el Pavimento.

REQUERIMIENTOS	VALORES LÍMITES PERMISIBLES DE "F" SEGÚN EL PAVIMENTO		
	SECO	HÚMEDO	CON HIELO
ESTABILIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO	0.60	0.60	0.60
ESTABILIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO	0.36	0.24	0.12
COMODIDAD DEL VIAJE PARA EL PASAJERO	0.15	0.15	0.15
EXPLOTACIÓN ECONÓMICA DEL VEHÍCULO	0.16	0.10	0.10

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (p.55), por T.A.M.S.-ASTEC, 2003

2.4.3.9.1. Magnitud del Peralte

La aplicación del peralte en curvas horizontales ofrece comodidad y seguridad a los vehículos en tránsito. No obstante, el peralte no debe exceder ciertos límites máximos, ya que un peralte excesivo puede causar que los vehículos se deslicen hacia el interior de la curva cuando viajan a baja velocidad. Por estas razones prácticas, no es posible usar solo el peralte para contrarrestar

completamente la fuerza centrífuga en curvas pronunciadas; es necesario también recurrir a la fricción para evitar el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se logra aumentando el rozamiento lateral. Según estudios, se ha decidido compensar aproximadamente el 55% de la fuerza centrífuga con el peralte, mientras que el 45% restante es absorbido por la fricción lateral.

Para vías de dos carriles, se recomienda un peralte máximo del 10% para carreteras con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedradas y velocidades de diseño superiores a 50 km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades de hasta 50 km/h. Al aplicar los valores máximos de peralte, deben considerarse los siguientes criterios para evitar:

- El rápido deterioro de la superficie en caminos de tierra o subbase debido al flujo de agua de lluvia.
- La distribución asimétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente en los vehículos pesados.
- El deslizamiento dentro de la curva de vehículos pesados que circulan a baja velocidad.

2.4.3.9.2. Desarrollo del Peralte

Cada vez que se transita de un tramo recto a una curva, es necesario realizar una transición en la sección transversal, pasando de una sección normal a una sección completamente peraltada, o viceversa. Esto debe hacerse a lo largo de una distancia suficiente para desarrollar el peralte adecuadamente.

Para lograr una variación de la fuerza centrífuga desde un valor de cero en una alineación recta hasta un valor "F" en una curva con radio "R", es necesario implementar un desarrollo o transición del peralte. Esta transición puede llevarse a cabo con o sin una curva de enlace, dependiendo de dos factores clave: el radio de la curva que se va a peraltar y la comodidad del recorrido vehicular

durante la realización del peraltado y la transición. Existen tres métodos principales para este proceso:

- Girar la calzada alrededor de su eje, que es adecuado para terrenos montañosos.
- Girar la calzada alrededor de su borde interior, recomendado para terrenos planos.
- Girar la calzada alrededor de su borde exterior.

La elección del método a adoptar depende en gran medida de la topografía del terreno y de las facilidades de drenaje disponibles. Basándose en estas consideraciones, el cálculo de la longitud total del desarrollo del peralte se realiza de la siguiente manera:

- a. Determinar si la transición del peralte se realizará a lo largo de una curva de enlace. Si este es el caso, se calcula la longitud de esta curva utilizando la ecuación correspondiente (V.4).
- b. Calcular el valor de la sobrelevación que produce el peralte "e".

Estos pasos aseguran que la transición del peralte se realice de manera adecuada, proporcionando una conducción cómoda y segura para los vehículos al transitar por la curva.

$$h = e * b \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Donde:

h = Sobreelevación, m

e = Peralte, %

b = Ancho de la calzada, m

*Es para el caso de giro alrededor del eje.

- c. La longitud "L" del desarrollo del peralte se determina en función de la gradiente de borde "i". Este valor se obtiene según la velocidad de diseño y se muestra en la Tabla 19.

$$L = \frac{h}{2 * i} = \frac{e * b}{2 * i} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Donde:

i = gradiente de borde, que se calcula según la siguiente fórmula:

$$i = \frac{e * b}{2} * L \text{ (ASTECC, 2003)}$$

- d. Se establece una relación entre “L” y “Le”, y se asume como longitud de la transición el valor mayor de los dos.
- e. Se determina la longitud de la transición del bombeo en la sección normal calculando la diferencia de altura entre el eje y el borde de la vía.

$$S = \frac{b * P}{2} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Donde:

S= Diferencia de nivel de eje al borde de la vía, en metros.

P= Pendiente transversal del camino, %

b = Ancho de la calzada, m.

- f. Se establece la longitud necesaria, dentro de la tangente para realizar el giro del plano del carril exterior hasta colocarlo a nivel con la horizontal. (ASTECC, 2003)

$$X = \frac{S}{i} = \frac{b * P}{2 * i} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

- g. Por último, se calcula la longitud total de transición.

$$L_T = L + X \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Tabla 19*Gradiente Longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del Peralte.*

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
Vd., Km/h	VALOR DE (i), %	MÁXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE
20	0.8	1:125
25	0.775	1:129
30	0.750	1:133
35	0.725	1:138
40	0.7	1:143
50	0.650	1:154
60	0.6	1:167
70	0.55	1:182
80	0.5	1:200
90	0.47	1:213
100	0.43	1:233
110	0.4	1:250
120	0.37	1:270

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (p.59), por T.A.M.S.-ASTEC, 2003.

2.4.4. Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera es crucial y debe recibir la misma atención que el alineamiento horizontal. Su diseño debe estar estrechamente vinculado con la velocidad de diseño, las curvas horizontales y las distancias de visibilidad. Es esencial destacar que nunca se debe comprometer el perfil vertical en busca de alineamientos horizontales óptimos. La seguridad y eficiencia del camino dependen de un equilibrio adecuado entre ambos aspectos del diseño vial.

2.4.4.1. Gradientes

Las gradientes que se eligen suelen estar determinadas por la topografía del área y deben ser lo más suaves posible para permitir velocidades de circulación seguras y facilitar la operación de los vehículos. Estas pendientes están directamente relacionadas con las velocidades de diseño, las

cuales son influenciadas por el volumen de tráfico y las características del terreno. En el Cuadro VII-1 se proporcionan de manera general las pendientes medias máximas que son recomendadas según las velocidades de diseño y la naturaleza de la topografía. (Grisales, 2013)

Tabla 20

Valores de Diseño de las gradientes longitudinales máximas (%).

CLASE DE CARRETERA		VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II	>8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000 a 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000 a 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300 a 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (p.59), por T.A.M.S.-ASTECC, 2003.

Los valores que pueden adaptarse a la gradiente y longitud máxima son los siguientes:

- Para gradientes del 8—10%, La longitud máxima será de: 1.000 m.
- 10—12%, La longitud máxima será de: 500 m.
- 12—14%, La longitud máxima será de: 250 m.

En terrenos ondulados y montañosos, es posible incrementar la pendiente en un 1% en tramos cortos para disminuir los costos de construcción en carreteras de primera, segunda y tercera clase.

2.4.4.1.1. Gradiente mínima

La pendiente longitudinal mínima comúnmente utilizada es del 0,5 por ciento. En ciertas situaciones, como en rellenos de 1 metro de altura o más, y cuando el pavimento cuenta con una pendiente transversal apropiada para el drenaje de las aguas de lluvia, se puede optar por una pendiente de cero por ciento. (ASTECC, 2003)

2.4.4.2. Curvas Verticales

La opción más favorable en el diseño del perfil vertical de una carretera es emplear una parábola simple que se asemeje a una curva circular. Esto se debe a que al medir las distancias en una carretera sobre un plano horizontal y considerando que las pendientes son relativamente suaves, no se producen errores significativos al utilizar la parábola simple con su eje vertical centrado en el Punto de Intersección de las Verticales (PIV). (ASTECC, 2003)

2.4.4.2.1. Curvas Verticales Convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se calcula según los requisitos de la distancia de visibilidad para la detención de un vehículo, teniendo en cuenta una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto visible sobre la carretera de 0,15 metros. Esta Longitud se expresa con la siguiente ecuación:

$$L = \frac{A * S^2}{426} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Donde:

L= Longitud de la curva vertical convexa, en metros.

A= Diferencia Algebraica de las gradientes, en porcentaje.

S= Distancia de Visibilidad para la parada de un vehículo, en metros.

La longitud de una curva vertical convexa en su expresión más simple es:

$$L = K * A$$

2.4.4.2.2. Curvas Verticales Cóncavas

Por razones de seguridad, es crucial que las curvas verticales cóncavas sean suficientemente largas para que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad requerida para la parada del vehículo. La fórmula siguiente

describe la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad de parada: (ASTECC, 2003)

$$L = \frac{A * S^2}{122 + 3.5 * S} \text{ (ASTECC, 2003)}$$

Esta fórmula se basa en una altura de 60 centímetros para los faros del vehículo y un ángulo de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo.

La longitud de una curva vertical cóncava en su expresión más simple es: (ASTECC, 2003)

$$L = K * A \text{ (ASTECC, 2003)}$$

2.4.5. Suelos de Fundación y Subrasante

El suelo de fundación es el terreno sobre el cual se construye una estructura, como una casa, un edificio o una carretera. Es la base que debe ser fuerte y estable para soportar todo el peso y las cargas de la construcción sin hundirse o moverse demasiado. Si el suelo de fundación no es adecuado, la estructura puede sufrir problemas serios, como grietas o incluso colapsos. Por eso, es fundamental asegurarse de que este suelo sea de buena calidad antes de comenzar cualquier proyecto de construcción.

La subrasante es la capa de suelo que se encuentra justo debajo del pavimento de una carretera. Piensa en ella como la base sobre la que se asienta todo el asfalto y las demás capas de la carretera. Su principal función es proporcionar un soporte firme y uniforme para que la carretera no tenga baches ni se hunda con el tiempo. Una buena subrasante debe ser bien compactada y tener buen drenaje para evitar problemas como baches y deformaciones en la carretera. Preparar y tratar adecuadamente la subrasante es esencial para que la carretera dure mucho tiempo y se mantenga en buen estado.

2.4.6. Suelo y Roca

El suelo es la capa superficial de la Tierra que está compuesta por partículas minerales, materia orgánica, agua y aire. Es la capa en la que crecen las plantas y donde se realizan muchas actividades humanas, como la agricultura y la construcción. El suelo puede variar mucho en su composición y características, desde arenosos y ligeros hasta arcillosos y pesados. Su calidad y tipo influyen en lo que se puede construir sobre él y en cómo se manejan el agua y los nutrientes.

La roca es un material sólido y natural compuesto de uno o más minerales. A diferencia del suelo, que es suelto y desmenuzable, la roca es dura y compacta. Las rocas pueden encontrarse en la superficie de la Tierra o bajo el suelo y son una parte fundamental de la corteza terrestre. Existen diferentes tipos de rocas, como ígneas, sedimentarias y metamórficas, cada una formada por diferentes procesos geológicos. Las rocas son importantes en la construcción, ya que proporcionan una base sólida y duradera para estructuras como edificios, puentes y carreteras.

2.4.7. CBR

El CBR, o "California Bearing Ratio", es una prueba que se utiliza para evaluar la capacidad de carga del suelo. En términos simples, nos dice qué tan fuerte y resistente es el suelo bajo carga, lo cual es crucial cuando se trata de diseñar y construir carreteras y otras estructuras.

La prueba de CBR implica compactar una muestra de suelo en un molde y luego presionarla con un pistón estándar. Se mide la resistencia del suelo al ser penetrado, y este valor se compara con un estándar de referencia. El resultado se expresa como un porcentaje. Cuanto mayor sea el valor de CBR, más fuerte es el suelo.

2.4.8. Pavimentos

Un pavimento es una estructura compuesta por varias capas colocadas una sobre otra, diseñadas y construidas de acuerdo con diversos métodos, normas y especificaciones técnicas para materiales

adecuados. Estas capas se someten a distintos procesos constructivos para crear una superficie que ofrezca la rigidez y durabilidad necesarias para soportar el tránsito vehicular.

Están diseñados para resistir el peso del tráfico y las condiciones climáticas y ambientales, así como distribuir uniformemente las cargas y asegurar un buen drenaje.

2.4.5.1. Clasificación de los Pavimentos

Los pavimentos pueden clasificarse de diversas maneras según diferentes criterios, entre los cuales destacan según el tipo de material:

Pavimentos flexibles: Son sistemas compuestos por tres capas principales (pavimento, base y subbase) que se extienden y compactan sobre la subrasante subyacente, y pueden incluir además capas adicionales. (AASHTO, 1993)

Pavimentos Semirrígidos: Mantiene una estructura similar a la de un pavimento flexible, pero con la particularidad de que una de sus capas se endurece artificialmente mediante el uso de aditivos como asfalto, emulsión, cemento, cal o productos químicos. Este proceso está destinado a mejorar o ajustar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no cumplen con las especificaciones técnicas o no alcanzan la calidad requerida para las capas del pavimento. Esto es especialmente útil cuando los materiales adecuados no están disponibles a distancias cercanas, lo que aumentaría significativamente los costos de construcción. (AASHTO, 1993)

Pavimentos rígidos: Los pavimentos rígidos generalmente consisten en dos capas principales: una capa superior de concreto y una capa de base debajo. En algunas situaciones y según la capacidad de carga de la subrasante existente, puede incluirse una tercera capa de subbase. (AASHTO, 1993)

2.4.9. Metodología AASHTO para el diseño de Pavimentos Flexibles

La metodología AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles es un enfoque utilizado en

ingeniería de carreteras. Fue desarrollado por la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO) para garantizar que las carreteras puedan manejar de manera segura y efectiva el tráfico diario y las condiciones climáticas. (AASHTO, 1993)

Este proceso comienza recolectando datos detallados sobre el tráfico esperado, el tipo de suelo local y el clima de la zona. Con esta información, se emplean modelos matemáticos y herramientas de análisis estructural para calcular el grosor óptimo de cada capa del pavimento, asegurando que sea lo suficientemente resistente y duradero. (AASHTO, 1993)

La metodología AASHTO también considera la calidad de los materiales disponibles y la capacidad de carga del suelo subyacente. Esto permite ajustar el diseño para maximizar la vida útil del pavimento y minimizar costos de mantenimiento a largo plazo. (AASHTO, 1993)

Además del diseño inicial, la AASHTO proporciona directrices para el mantenimiento continuo del pavimento. Esto es crucial para garantizar que las carreteras sigan siendo seguras y eficientes con el tiempo, adaptándose a cambios en el tráfico y al clima.

2.4.6.1. Confiabilidad “R”

La confiabilidad "R" en la metodología AASHTO es un parámetro fundamental para evaluar qué tan probable es que la estructura del pavimento cumpla con los requisitos de diseño a lo largo de su vida útil. Este concepto asegura que el pavimento pueda soportar las cargas del tráfico y resistir las condiciones ambientales durante años sin comprometer su seguridad ni su funcionalidad. Es una medida crucial que ayuda a los ingenieros a tomar decisiones informadas sobre el diseño y el mantenimiento del pavimento, asegurando así la durabilidad y la eficiencia de las carreteras para el beneficio de la comunidad y la economía local. (Montejo Fonseca, 2002)

Tabla 21

Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.

NIVELES DE CONFIABILIDAD SUGERIDOS PARA DIFERENTES CARRETERAS		
CLASIFICACIÓN	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANA	RURAL
AUTOPISTAS INTERESTATALES Y OTRAS	85-99.9	80-99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80-90	75-95
COLECTORAS DE TRÁNSITO	80-95	75-95
CARRETERAS LOCALES	50-80	50-80

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (p.264), por Alfonso Montejo, 2002

2.4.6.2. Módulo Resiliente

El Módulo Resiliente (M_r) es un parámetro utilizado en ingeniería civil para describir la capacidad de un material, típicamente el suelo, para recuperar su forma original después de ser sometido a cargas repetidas o ciclos de carga y descarga. En términos más simples, representa la resistencia del suelo a deformarse permanentemente bajo el tráfico y otras cargas aplicadas.

Este concepto es crucial en el diseño y análisis de pavimentos y estructuras subterráneas, ya que permite evaluar la respuesta del suelo a las cargas del tráfico a lo largo del tiempo. El módulo resiliente se determina mediante pruebas de laboratorio que aplican ciclos de carga controlados sobre muestras de suelo compactadas. Los resultados de estas pruebas permiten calcular la capacidad del suelo para resistir deformaciones y mantener la estabilidad estructural del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002)

Tabla 22*Intervalo del Módulo Resiliente Kg/cm².*

ENTORNOS DE LA RESISTENCIA			
CATEGORÍA	INTERVALO MÓDULO RESILIENTE	INTERVALO C.B.R. %	DESCRIPCIÓN
S1	300-500	$3 \leq CBR < 5$	Categoría que comprende los suelos que por condiciones topográficas y drenaje natural, se encuentran con elevados contenidos de humedad.
S2	500-700	$5 \leq CBR < 7$	En esta categoría están los grupos de los suelos conformados por cenizas volcánicas, abundantes en la zona andina con elevados contenidos de humedad. También los grupos de suelos sedimentarios areno-arcillosos con humedades naturales que proporcionan a los suelos consistencias entre bajas y medias.
S3	700-1000	$7 \leq CBR < 10$	En esta categoría se ubican los depósitos con altos contenidos de fragmentos de roca, ubicados en las zonas relativamente secas.
S4	1000-1500	$10 \leq CBR < 15$	Suelos areno-limosos ubicados en regiones cálidas húmedas.
S5	>1500	$CBR > 15$	En esa categoría están los suelos gruesos de origen ígneo, depósitos aluviales recientes, algunos depósitos de arenas eólicas.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (p.183), por Alfonso Montejo, 2002

2.4.9.3. Diseño Estructural del Pavimento

El diseño estructural de un pavimento flexible es un proceso meticuloso que se centra en calcular el grosor adecuado de cada capa para asegurar su resistencia y durabilidad frente al tráfico y las condiciones del entorno. Se inicia con la recopilación de datos del terreno y la evaluación de cómo el suelo local puede soportar las cargas. Luego, se utilizan modelos y análisis para determinar cuánto debe medir cada capa, como el asfalto, la base y la subbase. Esto garantiza que el pavimento cumpla con los estándares de seguridad y pueda mantenerse en buenas condiciones durante mucho tiempo, con revisiones periódicas para asegurarse de que todo esté funcionando como debería.

(AASHTO, 1993)

$$\log W_{18} = ZR * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + 0.40 \left(\frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right) + 2.32 \log_{10}(M_r) - 8.07$$

Donde:

W18 = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas.

ZR = Desviación estándar normal.

So = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

ΔPSI = Diferencias entre los índices de serviciabilidad.

Mr = Módulos resilientes.

SN = Número estructural.

CAPÍTULO III

3. METODOLÓGIA

La metodología propuesta para abordar el tema de tesis "Diseño Geométrico y Estructural de la Vía Emilio Sarmiento entre la Vía Monay Baguanchi y la Vía a El Valle, perteneciente al cantón Cuenca Provincia de Azuay", se desarrolló siguiendo los siguientes pasos:

En primer lugar, se realizó una revisión de fuentes bibliográficas y un análisis del marco teórico relacionado con el diseño vial, centrándose en normativas, estándares y estudios previos similares. Esto permitió obtener un panorama completo de los enfoques y criterios utilizados en proyectos similares.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de la vía Emilio Sarmiento, considerando aspectos geográficos, climáticos, geotécnicos y ambientales. Esto incluyó la evaluación de la demanda de tráfico actual y proyecciones futuras, así como la viabilidad técnica y económica del proyecto.

El levantamiento topográfico se realizó, utilizando RTK para obtener datos precisos sobre el terreno y sus características geométricas. Esto sirvió como base para el diseño preliminar, que abarcó aspectos como alineación horizontal y vertical, dimensionamiento de curvas y elementos de seguridad vial.

El uso de herramientas de simulación y modelado CIVIL 3D permitió visualizar el proyecto de manera virtual y realizar ajustes necesarios. Finalmente, se elaboró la documentación técnica detallada, que incluyen informes técnicos, planos, perfiles y especificaciones, culminando con la presentación y defensa de la tesis ante un comité académico.

3.1. Materiales y equipos usados

Para la ejecución del proyecto técnico, se utilizaron equipos y materiales determinados para el cumplimiento de los objetivos planteados, los cuales se mencionan a continuación.

3.1.1. RTK

Para la recolección de información en la Vía Emilio Sarmiento se utilizó el sistema de navegación cinética satelital en tiempo real, basado en el uso de medidas de fase con señales de GPS, lo que permitió la recolección de datos como topografía del lugar, cunetas, eje de la vía. El programa que se utilizó para el post procesamiento de los datos obtenidos es el CIVIL 3D.

3.1.2. Flexómetro

Se utilizó un flexómetro de 5 metros para medir dimensiones pequeñas lo cual fue indispensable en la recolección de datos de campo.

3.1.3. Radios de Comunicación

Los radios de comunicación son herramientas esenciales en proyectos de campo como en levantamientos topográficos porque permiten la fácil comunicación entre los miembros del equipo, permitiendo la coordinación de actividades y la transmisión de información en tiempo real. Son muy eficientes e indispensables cuando son proyectos de gran extensión.

3.1.4. Computadora

Este instrumento es esencial para el procesamiento de datos obtenidos del levantamiento topográfico y para el cálculo del diseño de la vía, por lo que facilita su análisis, así como la realización de los cálculos matemáticos necesarios para el proyecto.

CAPÍTULO IV

4. CÁLCULOS

4.1. Obtención del TPDA de la Vía Emilio Sarmiento

Los datos del TPDA de la vía Emilio Sarmiento fueron obtenidos del Plan de Infraestructura vial Provincial del Azuay, 2017.

Tabla 23

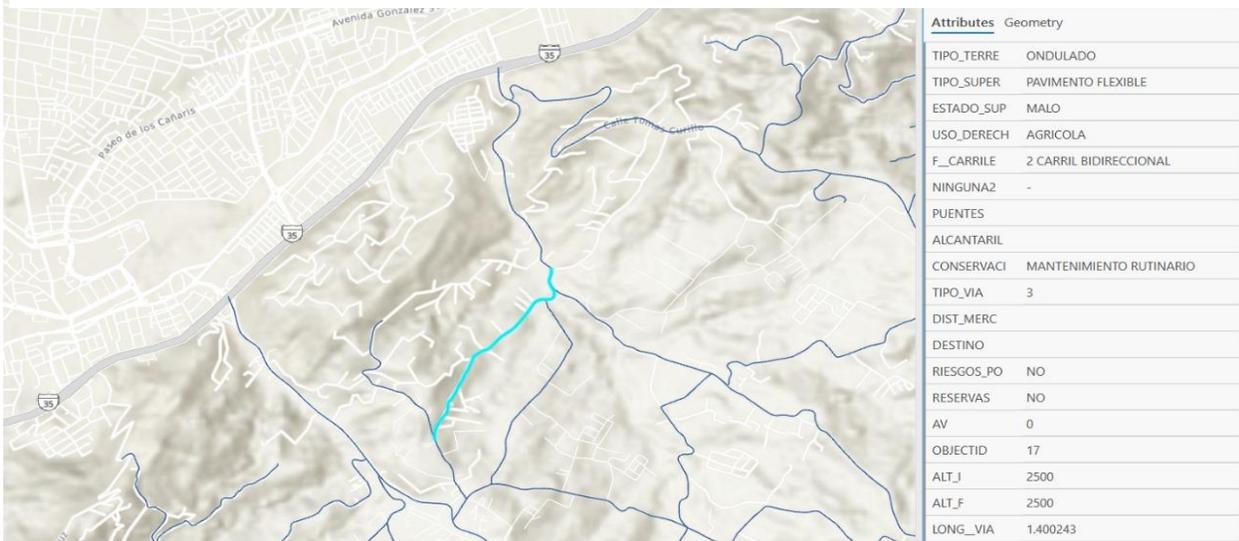
TPDA-2017 de la Vía Emilio Sarmiento

Desde	Hasta	Longitud (Km)	Tipo de red	TPDA
E-35 (SECTOR MONAY GRANDE)	CASTILLA CRUZ	1.72	3	781

Fuente: Plan de Infraestructura vial Provincial del Azuay, 2017.

Figura 10

Ubicación de la zona de estudio en ArcGIS.



Fuente: GAD Provincial del Azuay, 2017

4.1.1. Proyección del TPDA al año actual (2024)

Para la proyección del TPDA de la vía Emilio Sarmiento se aplicó la fórmula en base a la tasa de crecimiento poblacional.

$$T_f = T_a * (1 + i)^n$$

Donde:

T_f= Tráfico Futuro o proyectado

T_a= Tráfico Actual

i= Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles).

n= Número de años proyectados

Por lo tanto, en base a la fuente Bibliográfica del INEC-2010, indica que la tasa de crecimiento poblacional de la parroquia El Valle es de 2,9% y para la parroquia Monay Baguanchi es de 3,62% para los años 2001-2010.

$$Tf = 639 * (1 + 0.029)^7$$

$Tf = 781$ vehículos (TPDA de la vía Emilio Sarmiento año 2024)

4.1.2. Proyección del TPDA (2024) hasta 2044

$$Tf = 781 * (1 + 0.029)^{20}$$

$Tf = 1132$ vehículos (TPDA proyectado al año 2044)

4.2. Diseño de Pavimento

4.2.1. Cálculo de ESALS (Ejes Equivalentes de Carga)

Tabla 24

Valor del ESALs.

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	469	0.001	0.0600	37.878	2,757	3,037
2D	35	0.097	0.0575	36.832	22,827	25,149
2DA	23	0.587	0.0575	36.832	89,665	98,788
2DB	37	3.762	0.0575	36.832	948,015	1,044,471
3-A	56	3.554	0.0575	36.832	1,343,347	1,480,026
4-C	5	2.086	0.0575	36.832	74,514	82,095
4-0	5	3.435	0.0575	36.832	104,526	115,161
V2DB	21	3.762	0.0575	36.832	530,889	584,904
V3A	56	3.554	0.0575	36.832	1,332,153	1,467,693
V2S	39	3.554	0.0575	36.832	932,507	1,027,385
T2	9	3.762	0.0575	36.832	221,204	243,710
T3	17	3.554	0.0575	36.832	399,646	440,308
2S1	3	6.962	0.0575	36.832	128,943	142,062
2S2	2	6.754	0.0575	36.832	71,479	78,751
2S3	1	5.286	0.0575	36.832	34,964	38,522
3S1	3	6.754	0.0575	36.832	134,022	147,658
3S2	1	6.546	0.0575	36.832	43,297	47,703
3S3	1	5.078	0.0575	36.832	20,153	22,203
				TOTAL	6,434,907	7,089,626

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.1. Cálculo de ESALs escenario 1

Tabla 25

Valor de ESALs escenario 1.

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	1264	0.001	0.0500	33.886	6,650	7,326
2D	71	0.097	0.0450	32.072	40,198	44,288
2DA	46	0.587	0.0450	32.072	157,904	173,970
2DB	101	3.762	0.0450	32.072	2,225,990	2,452,473
3-A	152	3.554	0.0450	32.072	3,154,251	3,475,180
4-C	32	2.086	0.0450	32.072	388,806	428,365
4-0	27	3.435	0.0450	32.072	545,407	600,900
V2DB	42	3.762	0.0450	32.072	934,916	1,030,039
V3A	147	3.554	0.0450	32.072	3,066,633	3,378,647
V2S	103	3.554	0.0450	32.072	2,146,643	2,365,053
T2	18	3.762	0.0450	32.072	389,548	429,183
T3	44	3.554	0.0450	32.072	919,990	1,013,594
2S1	17	6.962	0.0450	32.072	672,809	741,264
2S2	9	6.754	0.0450	32.072	372,968	410,915
2S3	6	5.286	0.0450	32.072	182,441	201,003
3S1	18	6.754	0.0450	32.072	699,315	770,466
3S2	6	6.546	0.0450	32.072	225,921	248,907
3S3	4	5.078	0.0450	32.072	105,154	115,853
				TOTAL	16,235,542	17,887,426

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2. Cálculo de ESALs escenario 2

Tabla 26

Valor de ESALs escenario 2.

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	1480	0.001	0.0500	33.886	7,790	8,582
2D	83	0.097	0.0450	32.072	47,089	51,880
2DA	54	0.587	0.0450	32.072	184,971	203,791
2DB	118	3.762	0.0450	32.072	2,607,558	2,872,864
3-A	178	3.554	0.0450	32.072	3,694,937	4,070,878
4-C	37	2.086	0.0450	32.072	455,453	501,793
4-0	32	3.435	0.0450	32.072	638,898	703,903
V2DB	50	3.762	0.0450	32.072	1,095,174	1,206,603
V3A	173	3.554	0.0450	32.072	3,592,299	3,957,798
V2S	121	3.554	0.0450	32.072	2,514,610	2,770,458
T2	21	3.762	0.0450	32.072	456,323	502,751
T3	52	3.554	0.0450	32.072	1,077,690	1,187,339
2S1	19	6.962	0.0450	32.072	788,139	868,328
2S2	11	6.754	0.0450	32.072	436,900	481,352
2S3	7	5.286	0.0450	32.072	213,714	235,458
3S1	21	6.754	0.0450	32.072	819,188	902,536
3S2	7	6.546	0.0450	32.072	264,647	291,573
3S3	4	5.078	0.0450	32.072	123,179	135,712
				TOTAL	19,018,557	20,953,599

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.3. Cálculo de ESALs escenario 3

Tabla 27

Valor de ESALs escenario 3.

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALs CORREGIDO p/diseño
AUTOS	1839	0.001	0.0500	33.886	9,677	10,662
2D	78	0.097	0.0450	32.072	44,356	48,869
2DA	51	0.587	0.0450	32.072	174,236	191,963
2DB	136	3.762	0.0450	32.072	2,990,183	3,294,419
3-A	204	3.554	0.0450	32.072	4,237,120	4,668,226
4-C	35	2.086	0.0450	32.072	429,019	472,670
4-0	30	3.435	0.0450	32.072	601,818	663,050
V2DB	47	3.762	0.0450	32.072	1,031,613	1,136,575
V3A	163	3.554	0.0450	32.072	3,383,811	3,728,097
V2S	114	3.554	0.0450	32.072	2,368,668	2,609,668
T2	20	3.762	0.0450	32.072	429,839	473,573
T3	49	3.554	0.0450	32.072	1,015,143	1,118,429
2S1	18	6.962	0.0450	32.072	742,397	817,932
2S2	10	6.754	0.0450	32.072	411,543	453,416
2S3	7	5.286	0.0450	32.072	201,310	221,793
3S1	20	6.754	0.0450	32.072	771,644	850,155
3S2	7	6.546	0.0450	32.072	249,288	274,651
3S3	4	5.078	0.0450	32.072	116,030	127,835
				TOTAL	19,207,697	21,161,982

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. CBR

Para el Diseño de Pavimento Flexible de la Vía Emilio Sarmiento se tomó en cuenta el estudio del suelo con los siguientes resultados:

Tabla 28*Datos del Ensayo de Laboratorio determinación CBR.*

Datos del CBR de la Subrasante	
CBR 95%	7%

Fuente: Titanium Road Laboratorio de Suelos.**4.2.3. Cálculo del Módulo Resiliente (Mr)**

$$Mr = 1500 * CBR$$

$$Mr = 1500 * 7$$

$$Mr = 10500 \text{ psi}$$

4.2.4. Confiabilidad (R)

La confiabilidad es el grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de éste se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados. (Montejo Fonseca, 2002). (Ver Tabla 29)

Tabla 29*Niveles de Confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.*

NIVELES DE CONFIABILIDAD PARA DIFERENTES CARRETERAS		
CLASIFICACIÓN	Niveles de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras de Tránsitos	80-95	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (p. 264), por Alfonso Montejo, 2002

$$R = 80\%$$

4.2.5. Desviación estándar normal (Zr)

Una vez obtenido el valor de Confiabilidad (R%) se determinó el parámetro Desviación normal estándar (Zr) como se observa en la Tabla 30

Tabla 30

Desviación normal estándar Zr.

Confiabilidad (%)	Desviación normal estándar Zr
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-0.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.93), 1993

$$Z_r = -0.841$$

4.2.6. Desviación Estándar Total (So)

La Desviación Estándar Total (So) hace referencia a la desviación o error de diseño basado en las propiedades de los materiales, calidad de construcción, estimación del clima y del tránsito. (Ver tabla 31)

Tabla 31

Desviación Estándar Total So.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR S_o		
Proyecto de Pavimento	Flexible 0.40-0.50	Rígido 0.30-0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobre capas	0.50	0.40

Nota. Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.95), 1993

$$S_o = 0.45$$

4.2.7. Nivel de Serviciabilidad inicial (P_o)

El índice de Serviciabilidad inicial P_o es una estimación hecha por el usuario del PSI inmediatamente después de la construcción. Estos valores fueron establecidos por las condiciones de la carretera experimental AASTHO. (Ver tabla 29)

Tabla 32

Serviciabilidad Inicial P_o .

SERVICIABILIDAD INICIAL P_o	
Tipo de Pavimento	P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.10), 1993

$$P_o = 4.2$$

4.2.8. Nivel de Serviciabilidad Final (P_t)

El Nivel de Serviciabilidad final es el nivel más bajo aceptable antes que el recapeo o la reconstrucción lleguen a ser necesarios. (Ver tabla 33)

Tabla 33

Nivel de Serviciabilidad Final.

SERVICIABILIDAD FINAL P_t	
Tipo Pavimento	Serviciabilidad Final P_t
Autopistas	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas Industriales	
Pavimentos urbanos principales	1.5 - 2.0
Pavimentos urbanos secundarios	1.5 - 2.0

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.10), 1993

$$P_t = 2$$

4.2.9. Índice de Serviciabilidad Final (ΔP)

Este valor resulta de la diferencia entre del nivel de serviciabilidad inicial y el nivel de serviciabilidad final.

$$\Delta P = P_o - P_t$$

$$\Delta P = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta P = 2.2$$

4.2.10. Determinación del Módulo Resiliente (M_r)

El módulo Resiliente se obtuvo en función del CBR, utilizando la siguiente fórmula:

$$M_r = 1500 * CBR \quad CBR < 10\% \text{ (AASHTO, 1993)}$$

$$Mr = 1500 * 7$$

$$Mr \text{ Subrasante} = 10500 \text{ psi}$$

4.2.11. Coeficiente ambiental y de drenaje (m_i)

Según las características del material y el tiempo en que se encuentran expuestas las estructuras del pavimento a la humedad y saturación se consideró una calidad de drenaje Buena (Ver tabla 31) y para la capacidad de saturación mayor al 25%. (Ver tabla 32).

Tabla 34

Calidad de Drenaje.

CALIDAD DE DRENAJE	
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy malo	El agua no evacúa

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.31), 1993

Tabla 35

Valores recomendados de m_i .

Valores de m_i recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de Base y Subbase no tratada en Pavimentos Flexibles				
Calidad del Drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.32), 1993

4.2.12. Diseño de Pavimento Flexible

El pavimento flexible está formado por varias capas. La primera es la subrasante, que es el suelo natural o estabilizado. Luego, se encuentra la base, hecha de material granular para distribuir las cargas del tráfico. A continuación, está la subbase, que mejora la capacidad de carga y estabilidad.

La capa final es una mezcla asfáltica, que combina agregados pétreos con asfalto bituminoso, proporcionando la superficie de rodadura y soportando las cargas del tráfico. Según el proyecto, las normas locales, y las condiciones del suelo y el clima, se pueden añadir capas adicionales o ajustar las características de estas capas para adecuarse a las condiciones específicas.

El periodo de diseño es de 20 años según la tabla 33. (AASHTO, 1993)

Tabla 36

Periodo de Diseño.

PERIODO DE DISEÑO	
Tipo de carretera	Periodo de Diseño en años
Urbano de tránsito elevado	30 – 50
Rural de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 - 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 - 20

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993

4.2.13. Coeficientes de las capas del Pavimento

Para el cálculo del Número Estructural SN, consiste en identificar un conjunto de capas cuyos espesores, convenientemente combinados, proporcionen la capacidad portante correspondiente a dicho SN, cuya fórmula se expresa a continuación: (AASHTO, 1993)

$$SN = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 Coeficiente estructural de capas de subbase y base.

m_1, m_2, m_3 Coeficiente de drenaje.

D_1, D_2, D_3 Espesor de capas en pulgadas de subbase y base.

Para obtener el valor del coeficiente a_1 , se utilizó la gráfica de la Figura 10 que se encuentra en función del Módulo Elástico (M_r) de la subrasante.

Para determinar el Módulo de Elasticidad (M_r) Psi (Ver tabla 34)

Tabla 37

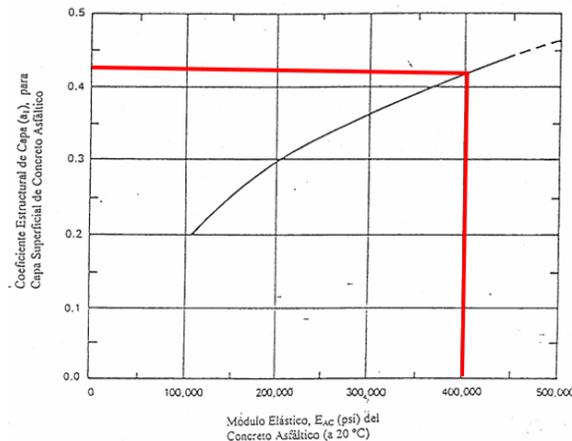
Módulo de Elasticidad en base al material.

Módulo de Elasticidad en base al material			
Material	M_r (Psi)	a_1	m_i
Concreto Asfáltico	400000	0.42	1
Base piedra partida	30000	0.14	0.8
Subbase granular	14000	0.1	0.7
Subrasante	5000	-	-

Fuente: Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993

Figura 11

Gráfica para hallar a_1 en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.



Fuente: Adaptada de Guía AASTHO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.II-23), 1993

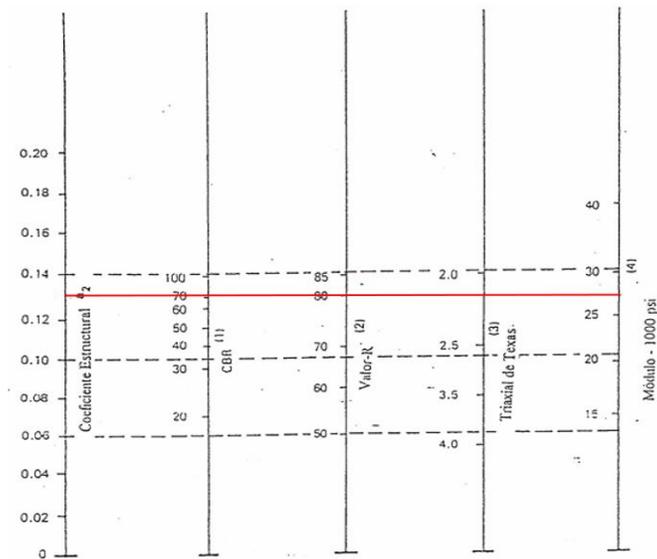
$$Mr \text{ Asfalto} = 400000 \text{ psi}$$

$$a_1 = 0.42$$

Para determinar el valor del coeficiente a_2 que corresponde a la Base, se utilizó el gráfico de la Figura 11 con un valor del 80% del CBR.

Figura 12

Gráfico para determinar el número estructural de la capa Base a_2



Nota. Adaptada de Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.II-24), 1993

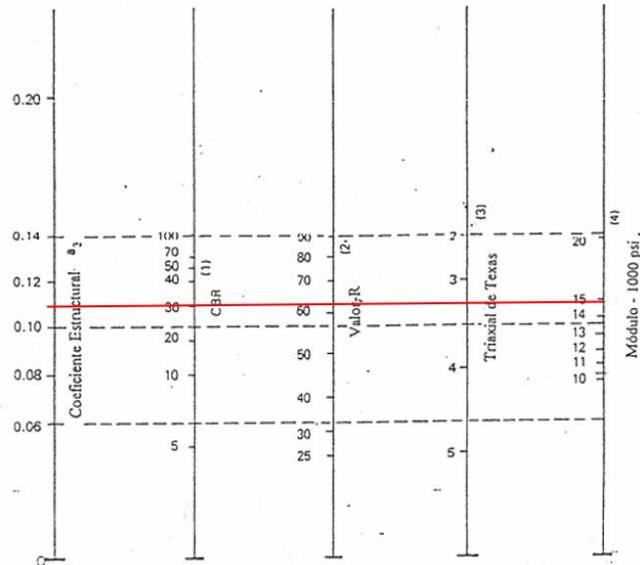
$$Mr \text{ Base} = 28000 \text{ psi}$$

$$a_2 = 0.135$$

Para obtener el valor del coeficiente a_3 que corresponde a la Subbase, se utilizó el gráfico de la Figura 12 con un valor del 30% del CBR.

Figura 13

Gráfico para estimar el Número Estructural de la Subbase a3.



Nota. Adaptada de Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.II-27), 1993

$$Mr_{Subbase} = 15000 \text{ psi}$$

$$a_3 = 0.11$$

4.2.14. Cálculo de Espesores del Pavimento

Según lo indica la Norma AASHTO 1993, los espesores mínimos para la mezcla Asfáltica y la Base Granular en pulgadas son los siguientes: (Ver tabla 38).

Tabla 38

Espesores mínimos en función del ESALs.

ESPEORES MÍNIMOS (Pulgadas)		
ESALs	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
Menos de 50.000	1.0 o Tratamiento Superficial	4
50.001 – 150.000	2.0	4
150.001 – 5.000.000	2.5	4
500.001 – 2.000.000	3.0	6
2.000.001 – 7.000.000	3.5	6
Más de 7.000.000	4.0	6

Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.III-48), 1993

Con el Método AASHTO 93 se determinaron los espesores de las capas y los números estructurales del Pavimento.

$$\log W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 20 + \frac{\log \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_r - 8.07$$

Datos para obtener SN (Numero Estructural)

$$W_{18} = 7,089,626$$

$$Z_r = -0.841$$

$$S_o = 0.45$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

$$M_r = 10500$$

$$\mathbf{SN = 3.70}$$

Figura 14

Cálculo SN Mediante programa Ecuación AASHTO.

Método AASHTO '93

So	ΔPSI:
0.45	2.2
Confiabilidad:	Mr (lb/pulg2):
80%	10500
Zr:	Calcular
-0.841	Calcular
W18:	SN:
7089626	3.7

Fuente: Programa Método AASHTO 93 para el cálculo del número estructural SN.

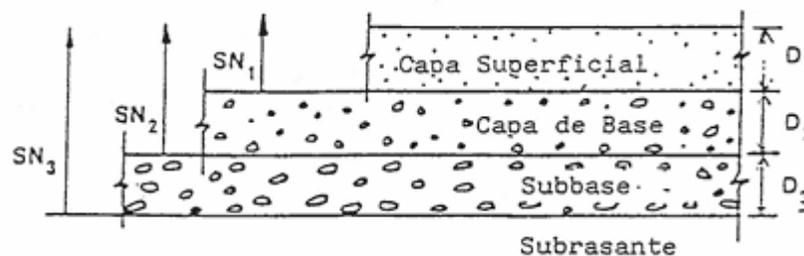
Para los espesores de las capas se tomaron en cuenta los valores mínimos de espesores en función del ESALs obtenidos de la Tabla 35, recomendados por la Norma AASHTO 93.

Para Asfalto = 4 pulgadas

Para Base y Subbase = 6 pulgadas

Figura 15

Espesores y número estructural de las capas de la estructura de pavimento.



Fuente: Adaptada de Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (p.III-49),

1993

$$SN_1 = a_1 * D_1 = 0.42 * 4$$

$$SN_1 = 1.64$$

$$SN_2 = a_2 * m_2 * D_2 = 0.135 * 1 * 6$$

$$SN_2 = 0.88$$

$$SN_3 = a_3 * m_3 * D_3 = 0.11 * 1 * 10$$

$$SN_3 = 1.21$$

Donde:

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$4 \geq 4 \therefore \text{Cumple}$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2}$$

$$6 \geq 4.5 \therefore \text{Cumple}$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1 + SN_2)}{a_3 * m_3}$$

$$10 \geq 3.09 \therefore \text{Cumple}$$

$$SN_T = SN_1 + SN_2 + SN_3$$

$$SN_T = 3.73$$

$$SN_T \geq SN$$

3.73 > 3.70 ∴ Cumple el Diseño de la estructura de pavimento

Tabla 39

Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento.

Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento			
Descripción	Espesor		SN Diseño
	pulg	cm	
Capa Asfáltica	4	10	1.64
Base Granular	6	15	0.88
Subbase	10	25	1.21
Espesor Total	20	50	3.73

Fuente: Elaboración propia

4.2.15. Cálculo de Espesores para los 3 Escenarios Propuestos

TPDA El Valle (2024) = 2037

TPDA El Valle (2044) = 3607

- **Escenario 1:**

20% TPDA El Valle = 722

TPDA Emilio Sarmiento = 1384

W18= 17,887,426

$$TPDA_T = 20\%TPDA \text{ El Valle} + TPDA \text{ Emilio Sarmiento}$$

$$TPDA_T = 2106$$

Figura 16

Cálculo SN Mediante programa Ecuación AASHTO.

So	ΔPSI:
<input type="text" value="0.45"/>	<input type="text" value="2.2"/>
Confiabilidad:	Mr (lb/pulg2):
<input type="text" value="80%"/>	<input type="text" value="10500"/>
Zr:	Calcular
<input type="text" value="-0.841"/>	<input type="button" value="Calcular"/>
W18:	SN:
<input type="text" value="17887426"/>	<input type="text" value="4.23"/>

Fuente: Programa Método AASHTO 93 para el cálculo del número estructural SN.

Tabla 40

Resultado de espesores de las capas de rodadura para el escenario 1.

Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento Escenario 1			
Descripción	Espesor		SN Diseño
	pulg	cm	
Capa Asfáltica	4	10	1.64
Base Granular	8	15	1.179
Subbase	13	33	1.573
Espesor Total	25	63	4.392

Fuente: Elaboración propia

$$SN_{DISEÑO} > SN$$

$$4.39 > 4.23 \therefore \text{Cumple}$$

- **Escenario 2:**

30% TPDA El Valle = 1083

TPDA Emilio Sarmiento = 1384

W18= 20,953,599

$$TPDA_T = 20\%TPDA \text{ El Valle} + TPDA \text{ Emilio Sarmiento}$$

$$TPDA_T = 2467$$

Figura 17

Cálculo SN mediante programa Ecuación AASHTO.

So	<input type="text" value="0.45"/>	Δ PSI:	<input type="text" value="2.2"/>
Confiabilidad:	<input type="text" value="80%"/>	Mr (lb/pulg2):	<input type="text" value="10500"/>
Zr:	<input type="text" value="-0.841"/>	Calcular	<input type="button" value="Calcular"/>
W18:	<input type="text" value="20953599"/>	SN:	<input type="text" value="4.32"/>

Fuente: Programa Método AASHTO 93 para el cálculo del número estructural SN.

Tabla 41

Espesores de capa de rodadura para Escenario 2.

Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento Escenario 1			
Descripción	Espesor		SN Diseño
	pulg	cm	
Capa Asfáltica	4	10	1.64
Base Granular	10	25	1.474
Subbase	12	30	1.452
Espesor Total	26	66	4.566

Fuente: Elaboración propia

$$SN_{DISEÑO} > SN$$

$$4.566 > 4.32 \therefore \text{Cumple}$$

- **Escenario 3:**

40% TPDA El Valle = 1445

TPDA Emilio Sarmiento = 1384

W18= 21,161,982

$$TPDA_T = 20\%TPDA \text{ El Valle} + TPDA \text{ Emilio Sarmiento}$$

$$TPDA_T = 2829$$

Figura 18

Cálculo SN mediante programa Ecuación AASHTO.

So	<input type="text" value="0.45"/>	Δ PSI:	<input type="text" value="2.2"/>
Confiabilidad:	<input type="text" value="80%"/>	Mr (lb/pulg2):	<input type="text" value="10500"/>
Zr:	<input type="text" value="-0.841"/>	Calcular	<input type="button" value="Calcular"/>
W18:	<input type="text" value="21161982"/>	SN:	<input type="text" value="4.33"/>

Fuente: Programa Método AASHTO 93 para el cálculo del número estructural SN.

Tabla 42

Espesores de las capas de rodadura para el Escenario 3.

Resultado de espesores de las capas de la estructura de pavimento Escenario 1			
Descripción	Espesor		SN Diseño
	pulg	cm	
Capa Asfáltica	5	13	2.05
Base Granular	8	20	1.18
Subbase	10	25	1.21
Espesor Total	23	58	4.44

Fuente: Elaboración propia

$$SN_{DISEÑO} > SN$$

$$4.44 > 4.33 \therefore \text{Cumple}$$

4.3. Diseño Geométrico

4.3.1. Datos de Diseño

Tabla 43

Valores de Diseño.

<u>DATOS PARA DISEÑO</u>	
TPDA:	300-1000
TIPO:	CLASE III
VALOR:	ABSOLUTA
RELIEVE:	ONDULADO (0)
Velocidad de diseño (K.P.H)	50
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	110
Distancia de visibilidad para parada (m)	70
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	415
Peralte	Max 10 %
Curvas verticales convexas (m)	12
Curvas verticales cóncavas (m)	13
Gradiente longitudinal máxima (%)	7
Gradiente longitudinal mínima (%)	0.5
Ancho de pavimento (m)	6
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica- DTSB
Ancho de espaldones estables (m)	2
Gradientes transversales para pavimentos (%)	2
Gradientes transversales para espaldones (%)	2 %
Curva de transición	Únase espirales cuando sea necesario

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Velocidad de Diseño

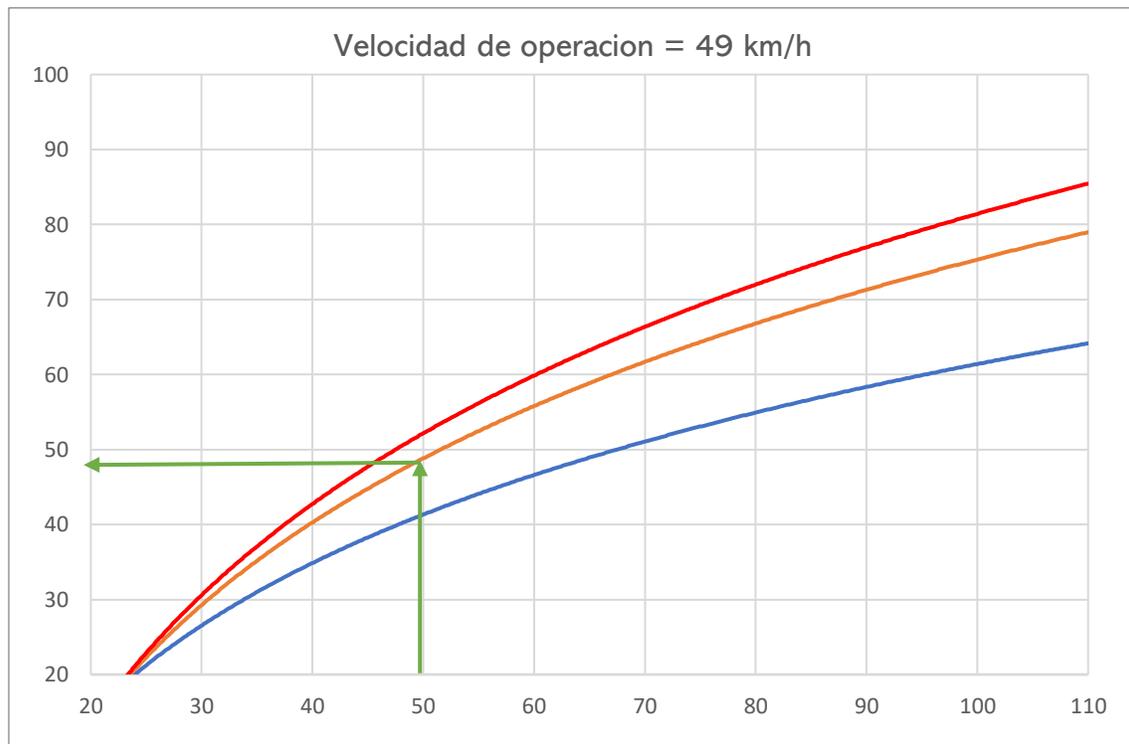
Según la clasificación de vías, se tuvo una velocidad diseño de 50 km/h, con esta velocidad se procede al diseño horizontal y vertical.

4.3.3. Velocidad de Circulación

Mediante la Figura se tomó los valores que recomienda la norma Diseño Geométrico de carreteras 2003, MTOP.

Figura 19

Relación entre velocidad de diseño y circulación.



Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 MTOP

4.3.4. Peralte

Se diseño la vía Emilio Sarmiento con un peralte del 8% debido a la velocidad de diseño de 50 km/h, según las recomendaciones de la Norma MTOP 2003.

4.3.5. Coeficiente de Fricción Lateral

$$f = \frac{1.15}{Vd^{0.3}}$$

$$f = \frac{1.15}{(50)^{0.3}}$$

$$f = 0.36$$

4.3.6. Radio Mínimo de Curvatura (R_{min})

$$R_{min} = \frac{Vd^2}{127(e + f)}$$

$$R_{min} = \frac{50^2}{127(0.06 + 0.36)}$$

$$R_{min} = 46.87 \text{ m}$$

4.3.7. Distancia de Visibilidad de Parada (Dp) y de rebasamiento (Dr)

- Distancia mínima de parada (Dp)

$$Dp = D1 + D2$$

$$D1 = 0.7 * Vc$$

$$D1 = 0.7 * 49$$

$$D1 = 34.3 \text{ m}$$

$$D2 = \frac{Vc^2}{254 * f}$$

$$D2 = \frac{49^2}{254 * 0.36}$$

$$D2 = 26.26$$

$$Dp = 34.3 \text{ m} + 26.26 \text{ m}$$

$$Dp = 60.56 \approx 61 \text{ m}$$

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción expresada en metros.

D_2 : Distancia de freno sobre la calzada, en metros.

Se obtuvo mediante los cálculos una distancia mínima de parada de 61 m.

- **Distancia de Visibilidad de rebasamiento**

$$Dr = 9.54 * Vd - 218$$

$$Dr = 9.54 * 50 - 218$$

$$Dr = 259 \text{ m}$$

Se obtuvo una distancia de visibilidad de rebasamiento de 259 m, por recomendaciones de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 para la distancia mínima de parada indica de 270 m, pero por motivos de seguridad se complementa con señalización a lo largo de la vía.

4.3.8. Distancia de Visibilidad para la parada de un vehículo.

Esta se define como la distancia mínima requerida que tiene el conductor para observar un objeto y éste pueda llegar a él.

- **Distancia recorrida durante el tiempo de percepción (d1)**

$$d_1 = 0.7 * V_c$$

$$d_1 = 0.7 * 34.3$$

$$d_1 = 24.01 \text{ m}$$

- **Distancia de freno sobre la calzada (d2)**

$$d_2 = \frac{(V_c^2)}{254 * f}$$

$$d_2 = \frac{(27^2)}{254 * 0.36}$$

$$d_2 = 7.97 \text{ m}$$

- **Distancia de Visibilidad (d)**

$$d = d_1 + d_2$$

$$d = 24.01 + 7.97$$

$$d = 31.98 \text{ m}$$

4.3.9. Distancia para rebasamiento de un vehículo

- **Distancia de rebasamiento (dr):**

$$dr = 9.54 * Vd - 218$$

$$dr = 9.54 * 50 - 218$$

$$dr = 259 m$$

4.4. Obras de Drenaje Vial

El mantenimiento adecuado de las vías depende principalmente de un buen sistema de drenaje. Por esta razón, es esencial diseñar cunetas que canalicen el agua de lluvia hacia áreas donde no se acumule ni se deposite. Para diseñar estas cunetas, se deben considerar varios factores, como la intensidad de la lluvia en la zona de estudio, el coeficiente de escorrentía y el área de captación que cada tramo de cuneta deberá manejar. (Montejo Fonseca, 2002)

4.4.1. Cunetas

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio fue la M0067 CUENCA-AEROPUERTO.

El coeficiente de escorrentía de la vía Emilio Sarmiento se determinó mediante la tabla 44.

Tabla 44

Coefficiente de Escorrentía para calles asfaltadas.

Coeficientes de escorrentía	
Calles Asfaltadas	0.70 – 0.95

Fuente: Fundamentos de Hidrología de Superficie (p.210), por Aparicio Francisco,1992

Según los datos del INAMHI se calculó las Intensidades máximas de precipitación como lo indica la Figura 20.

Figura 20

Cálculo del Itr. Estación Cuenca-Aeropuerto.

M0067	CUENCA AEROPUERTO	5 Min < 50.9 Min	$I_{TR} = 123.39 * Id_{TR} * t^{-0.452} R^2 = 0.9882$
		50.9 Min < 1440 Min	$I_{TR} = 695.37 * Id_{TR} * t^{-0.892} R^2 = 0.9969$

Fuente: Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación (p.204), por INAMHI, 2019

$$I_{TR} = 123.39 * Id_{TR} * t^{-0.452}$$

$$I_{TR} = 123.39 * 2.34 * 15^{-0.452}$$

$$I_{TR} = 84.89$$

Donde:

Idtr = 2.34 (Intensidad máxima para el periodo de retorno Tr, en mm/h)

t = 15 (duración de la lluvia en minutos)

Para el cálculo del Caudal se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

$$Q = \frac{0.80 * 2.36 * 0.00516}{3.6}$$

$$Q = 0.002706 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 2.706 \text{ l/s}$$

Donde:

$C = 0.80$ (Coeficiente de escorrentía)

$I = 2.34$ (Intensidad máxima para el periodo de retorno T_r , en mm/h)

$A = \text{Área Total en } Km^2$

$$A = \text{Longitud del tramo (Km)} * \text{Ancho de Calzada (Km)}$$

$$A = 1.720 * 0.003$$

$$A = 0.00516 \text{ Km}^2$$

Tabla 45

Resultados del Caudal para los carriles de la vía Emilio Sarmiento.

CÁLCULO CAUDAL MÉTODO RACIONAL				
CARRIL DERECHO		CARRIL IZQUIERDO		Caudal Total de ambos carriles Q (m³/s)
Área (Km²)	Q (m³/s)	Área (Km²)	Q (m³/s)	
0.00516	0.002706	0.00516	0.002706	0.005412

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.1. Cálculo de la sección de la Cuneta

$$\text{Área (m}^2\text{)} = z * y^2 = (1 + 1) * 0.25^2$$

$$A = 0.125 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro Mojado } P \text{ (m)} = 2y * \sqrt{1 + z^2} = 2 * 0.25 * \sqrt{1 + 1^2}$$

$$P \text{ (m)} = 0.70 \text{ m}$$

$$\text{Radio Hidráulico } R_h \text{ (m)} = \frac{z * y}{2 * \sqrt{1 + z^2}} = \frac{1 * 0.25}{2 * \sqrt{1 + 1^2}}$$

$$Rh (m) = 0.088 m$$

$$S = \frac{Cota\ mayor - Cota\ menor}{L} * 100$$

$$S = \frac{2608,821 - 2503,351}{1720} * 100$$

$$S = \frac{2608,821 - 2503,351}{1720} * 100$$

$$S = 6\%$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \right) * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,0013} * \left(\frac{0,125^{\frac{5}{3}}}{0,70^{\frac{2}{3}}} \right) * 0.06^{1/2}$$

$$Q = 0.0075 m^3/s$$

Las dimensiones de la cuneta son los adecuados, pues el caudal de aporte es menor al caudal que puede conducir la cuneta.

5. PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO

Item	Descripción del Rubro	Unidad	Contrato		
			Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Levantamiento topográfico, replanteo y nivelación	m	1.70	\$920.00	\$1,564.00
2	Tendido y conformación de material en escombrera con equipo pesado	m2	10,200.00	\$0.40	\$4,080.00
3	Excavación con máquina de material suelto (incluye cargado y desalojo)	m3	2,475.00	\$3.26	\$8,068.50
4	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	2,580.00	\$32.98	\$85,088.40
5	Carpeta asfáltica (e= 10 cm), incluye riego de imprimación y transporte	m2	10,200.00	\$27.68	\$282,336.00
6	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	10,200.00	\$2.32	\$23,664.00
7	Base granular clase 2, tendido y compactado (maquina)	m3	1,530.00	\$39.56	\$60,526.80
8	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	1,680.00	\$3.42	\$5,745.60
9	Señalización de vía	m	1,700.00	\$1.64	\$2,788.00
10	Señalización vertical	u	50.00	\$236.37	\$11,818.50
11	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja 12.5 cm	m	5,500.00	\$1.15	\$6,325.00
12	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	500.00	\$3.90	\$1,950.00
13	Excavación para cunetas y encauzamientos a máquina	m3	4,942.00	\$3.30	\$16,308.60
14	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	345.00	\$7.94	\$2,739.30
15	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	257.00	\$156.00	\$40,092.00
16	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,210.00	\$13.72	\$16,601.20
17	Replanteo y nivelación de cunetas	m	1,465.00	\$1.98	\$2,900.70
18	Excavación mecánica en suelo conglomerado (incluye cargado y desalojo)	m3	707.00	\$8.33	\$5,889.31
19	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	169.00	\$7.94	\$1,341.86
20	Sum. e Inst. de tubería D=160 mm para subdren	m	690.00	\$14.13	\$9,749.70
21	Sum. e Inst. de Geotextil NT 1600 mm	m2	2,700.00	\$2.78	\$7,506.00
22	Sum. e Inst. de Geomembrana e=1mm	m2	1,450.00	\$7.31	\$10,599.50
23	Sum. y colocación de material de filtro para subdrenes	m3	414.00	\$17.97	\$7,439.58
24	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	323.00	\$13.72	\$4,431.56
25	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	46.00	\$28.34	\$1,303.64
26	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	114.00	\$3.42	\$389.88
27	Sum. e Inst. de media alcantarilla metálica D=1.20	m	85.00	\$136.98	\$11,643.30
28	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	198.60	\$3.42	\$679.21
29	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	3.80	\$7.94	\$30.17
30	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	114.00	\$13.72	\$1,564.08
31	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	5,520.00	\$7.94	\$43,828.80
32	Relleno compactado con material de sitio	m3	10.00	\$4.82	\$48.20
33	Guardacaminos tipo viga metálica doble	m	60.00	\$130.74	\$7,844.40
34	Hormigón Simple 180 Kg/cm2	m3	9.00	\$136.50	\$1,228.50
35	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	70.00	\$3.42	\$239.40
TOTAL					688,353.69
				IVA	0.15
				TOTAL	791,606.7435

PRESUPUESTO ESCENARIO I

Item	Descripción del Rubro	Unidad	Contrato		
			Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Levantamiento topográfico, replanteo y nivelación	m	1.70	\$920.00	\$1,564.00
2	Tendido y conformación de material en escombrera con equipo pesado	m2	10,200.00	\$0.40	\$4,080.00
3	Excavación con máquina de material suelto (incluye cargado y desalojo)	m3	2,475.00	\$3.26	\$8,068.50
4	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	3,366.00	\$32.98	\$111,010.68
5	Carpeta asfáltica (e= 10 cm), incluye riego de imprimación y transporte	m2	10,200.00	\$27.68	\$282,336.00
6	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	10,200.00	\$2.32	\$23,664.00
7	Base granular clase 2, tendido y compactado (maquina)	m3	2,040.00	\$39.56	\$80,702.40
8	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	1,680.00	\$3.42	\$5,745.60
9	Señalización de vía	m	1,700.00	\$1.64	\$2,788.00
10	Señalización vertical	u	50.00	\$236.37	\$11,818.50
11	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja 12.5 cm	m	5,500.00	\$1.15	\$6,325.00
12	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	500.00	\$3.90	\$1,950.00
13	Excavación para cunetas y encauzamientos a máquina	m3	4,942.00	\$3.30	\$16,308.60
14	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	345.00	\$7.94	\$2,739.30
15	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	257.00	\$156.00	\$40,092.00
16	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,726.00	\$13.72	\$23,680.72
17	Replanteo y nivelación de cunetas	m	1,465.00	\$1.98	\$2,900.70
18	Excavación mecánica en suelo conglomerado (incluye cargado y desalojo)	m3	707.00	\$8.33	\$5,889.31
19	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	169.00	\$7.94	\$1,341.86
20	Sum. e Inst. de tubería D=160 mm para subdren	m	690.00	\$14.13	\$9,749.70
21	Sum. e Inst. de Geotextil NT 1600 mm	m2	2,700.00	\$2.78	\$7,506.00
22	Sum. e Inst. de Geomembrana e=1mm	m2	1,450.00	\$7.31	\$10,599.50
23	Sum. y colocación de material de filtro para subdrenes	m3	414.00	\$17.97	\$7,439.58
24	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,530.00	\$13.72	\$20,991.60
25	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	46.00	\$28.34	\$1,303.64
26	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	114.00	\$3.42	\$389.88
27	Sum. e Inst. de media alcantarilla metálica D=1.20	m	85.00	\$136.98	\$11,643.30
28	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	198.60	\$3.42	\$679.21
29	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	3.80	\$7.94	\$30.17
30	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	114.00	\$13.72	\$1,564.08
31	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	5,520.00	\$7.94	\$43,828.80
32	Relleno compactado con material de sitio	m3	10.00	\$4.82	\$48.20
33	Guardacaminos tipo viga metálica doble	m	60.00	\$130.74	\$7,844.40
34	Hormigón Simple 180 Kg/cm2	m3	9.00	\$136.50	\$1,228.50
35	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	70.00	\$3.42	\$239.40
TOTAL					758,091.13
IVA					0.15
TOTAL					871,804.7995

PRESUPUESTO ESCENARIO II

Item	Descripción del Rubro	Unidad	Contrato		
			Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Levantamiento topográfico, replanteo y nivelación	m	1.70	\$920.00	\$1,564.00
2	Tendido y conformación de material en escombrera con equipo pesado	m2	10,200.00	\$0.40	\$4,080.00
3	Excavación con máquina de material suelto (incluye cargado y desalojo)	m3	2,475.00	\$3.26	\$8,068.50
4	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	3,460.00	\$32.98	\$114,110.80
5	Carpeta asfáltica (e= 10 cm), incluye riego de imprimación y transporte	m2	10,200.00	\$27.68	\$282,336.00
6	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	10,200.00	\$2.32	\$23,664.00
7	Base granular clase 2, tendido y compactado (maquina)	m3	2,556.00	\$39.56	\$101,115.36
8	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	1,680.00	\$3.42	\$5,745.60
9	Señalización de vía	m	1,700.00	\$1.64	\$2,788.00
10	Señalización vertical	u	50.00	\$236.37	\$11,818.50
11	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja 12.5 cm	m	5,500.00	\$1.15	\$6,325.00
12	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	500.00	\$3.90	\$1,950.00
13	Excavación para cunetas y encauzamientos a máquina	m3	4,942.00	\$3.30	\$16,308.60
14	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	345.00	\$7.94	\$2,739.30
15	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	257.00	\$156.00	\$40,092.00
16	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2,242.00	\$13.72	\$30,760.24
17	Replanteo y nivelación de cunetas	m	1,465.00	\$1.98	\$2,900.70
18	Excavación mecánica en suelo conglomerado (incluye cargado y desalojo)	m3	707.00	\$8.33	\$5,889.31
19	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	169.00	\$7.94	\$1,341.86
20	Sum. e Inst. de tubería D=160 mm para subdren	m	690.00	\$14.13	\$9,749.70
21	Sum. e Inst. de Geotextil NT 1600 mm	m2	2,700.00	\$2.78	\$7,506.00
22	Sum. e Inst. de Geomembrana e=1mm	m2	1,450.00	\$7.31	\$10,599.50
23	Sum. y colocación de material de filtro para subdrenes	m3	414.00	\$17.97	\$7,439.58
24	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,530.00	\$13.72	\$20,991.60
25	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	46.00	\$28.34	\$1,303.64
26	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	114.00	\$3.42	\$389.88
27	Sum. e Inst. de media alcantarilla metálica D=1.20	m	85.00	\$136.98	\$11,643.30
28	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	198.60	\$3.42	\$679.21
29	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	3.80	\$7.94	\$30.17
30	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	114.00	\$13.72	\$1,564.08
31	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	5,520.00	\$7.94	\$43,828.80
32	Relleno compactado con material de sitio	m3	10.00	\$4.82	\$48.20
33	Guardacaminos tipo viga metálica doble	m	60.00	\$130.74	\$7,844.40
34	Hormigón Simple 180 Kg/cm2	m3	9.00	\$136.50	\$1,228.50
35	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	70.00	\$3.42	\$239.40
TOTAL					788,683.73
				IVA	0.15
				TOTAL	118,302.5595
					906,986.2895

PRESUPUESTO ESCENARIO III

Item	Descripción del Rubro	Unidad	Contrato		
			Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Levantamiento topográfico, replanteo y nivelación	m	1.70	\$920.00	\$1,564.00
2	Tendido y conformación de material en escombrera con equipo pesado	m2	10,200.00	\$0.40	\$4,080.00
3	Excavación con máquina de material suelto (incluye cargado y desalojo)	m3	2,475.00	\$3.26	\$8,068.50
4	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	2,850.00	\$32.98	\$93,993.00
5	Carpeta asfáltica (e= 13 cm), incluye riego de imprimación y transporte	m2	12,506.00	\$27.68	\$346,166.08
6	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	10,200.00	\$2.32	\$23,664.00
7	Base granular clase 2, tendido y compactado (maquina)	m3	2,540.00	\$39.56	\$100,482.40
8	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	1,680.00	\$3.42	\$5,745.60
9	Señalización de vía	m	1,700.00	\$1.64	\$2,788.00
10	Señalización vertical	u	50.00	\$236.37	\$11,818.50
11	Pintura para señalización de tráfico con franjadora, ancho de franja 12.5 cm	m	5,500.00	\$1.15	\$6,325.00
12	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	m	500.00	\$3.90	\$1,950.00
13	Excavación para cunetas y encauzamientos a máquina	m3	4,942.00	\$3.30	\$16,308.60
14	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	345.00	\$7.94	\$2,739.30
15	Hormigón Simple 210 Kg/cm2	m3	257.00	\$156.00	\$40,092.00
16	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2,758.00	\$13.72	\$37,839.76
17	Replanteo y nivelación de cunetas	m	1,465.00	\$1.98	\$2,900.70
18	Excavación mecánica en suelo conglomerado (incluye cargado y desalojo)	m3	707.00	\$8.33	\$5,889.31
19	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	169.00	\$7.94	\$1,341.86
20	Sum. e Inst. de tubería D=160 mm para subdren	m	690.00	\$14.13	\$9,749.70
21	Sum. e Inst. de Geotextil NT 1600 mm	m2	2,700.00	\$2.78	\$7,506.00
22	Sum. e Inst. de Geomembrana e=1mm	m2	1,450.00	\$7.31	\$10,599.50
23	Sum. y colocación de material de filtro para subdrenes	m3	414.00	\$17.97	\$7,439.58
24	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2,046.00	\$13.72	\$28,071.12
25	Suministro de Sub- base granular clase 2	m3	46.00	\$28.34	\$1,303.64
26	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	114.00	\$3.42	\$389.88
27	Sum. e Inst. de media alcantarilla metálica D=1.20	m	85.00	\$136.98	\$11,643.30
28	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	198.60	\$3.42	\$679.21
29	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	3.80	\$7.94	\$30.17
30	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	114.00	\$13.72	\$1,564.08
31	Excavación manual en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	5,520.00	\$7.94	\$43,828.80
32	Relleno compactado con material de sitio	m3	10.00	\$4.82	\$48.20
33	Guardacaminos tipo viga metálica doble	m	60.00	\$130.74	\$7,844.40
34	Hormigón Simple 180 Kg/cm2	m3	9.00	\$136.50	\$1,228.50
35	Excavación con máquina en suelo sin clasificar (incluye cargado y desalojo)	m3	70.00	\$3.42	\$239.40
TOTAL					845,922.09
					IVA 0.15 126,888.3135
					TOTAL 972,810.4035

6. CONCLUSIONES

- El diseño geométrico y estructural de la vía Emilio Sarmiento es un proyecto visionario que no solo ha buscado mejorar la infraestructura vial existente, sino también prever y mitigar el impacto vehicular anticipado debido a la ampliación de la vía Monay Baguanchi-Tierras Coloradas.
- La modelación de la demanda vehicular futura basada en estudios realizados ha permitido anticipar un incremento significativo en el flujo de vehículos, esto ha llevado a la decisión de reestructurar las capas de rodadura existente.
- Este estudio ha permitido entender la importancia de planificar y diseñar con una visión a futuro, tomando en cuenta como factores el crecimiento poblacional, el desarrollo urbano y la necesidad de una movilidad más eficiente y segura.
- En un futuro con la ampliación de la vía Monay Baguanchi-Tierras Coloradas, un porcentaje del tráfico de la vía El Valle se desviará a la vía Emilio Sarmiento, por lo que esta vía tendrá un incremento vehicular considerable. Para abordar esta problemática se analizaron tres posibles escenarios, en donde se toma el 20% ,30% y 40 % del tráfico futuro de la vía El Valle hasta el año 2044 incrementándolos al tráfico de la vía Emilio Sarmiento.
- Los resultados obtenidos de los escenarios arrojaron diferentes estructuras de pavimento, y siendo el más desfavorable el escenario 3, debido a su mayor carga vehicular. Con estos posibles escenarios se pretende diseñar la mejor estructura de pavimento que pueda soportar las demandas actuales y futuras del tráfico.
- Se realizó el presupuesto de los tres escenarios antes mencionados y se llegó a la conclusión de optar por el escenario 3 por un valor de \$ 1090,747.61

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar este proyecto una vez que se ejecute la ampliación de la vía Monay Baguanchi- Tierras Coloradas y se determine el porcentaje de vehículos que se van a desviar.
- La vía no dispone de cunetas en buen estado por lo que se recomienda en primera instancia, corregir esta problemática para mantener en buen estado el pavimento.
- Se debe realizar la señalización completa de la vía para incrementar la seguridad peatonal y de los conductores que transitan por la vía.
- Se recomienda realizar un estudio que incluya evaluaciones de capacidad estructural, análisis del tráfico actual y proyectado, y del tráfico desviado. Además, es crucial un nuevo diseño geométrico y estructural que asegure la adecuación de la vía a las futuras demandas de transporte. Solo a través de estas medidas se podrá garantizar una infraestructura vial sostenible y segura para los usuarios.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (Mayo de 1993). *Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos*. Lima: American Association of State and Transportation Highway Officials.
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México: Grupo Noriera.
- ASTECS, T. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y de caminos vecinales*. Quito: Protecvia Cia. Ltda.
- Gobierno Provincial del Azuay. (2017). *Plan de Infraestructura Vial Provincial*. Azuay: BID.
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- INAMHI. (2019). *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades máximas de Precipitación*. Quito.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Agora .
- MTOPE. (2003). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*. Quito: NEVI-12.
- PDOT, E. V. (2019-2022). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia El Valle*. Cuenca.
- Prado Farfán , K. (2019). *Estudio de Impacto Ambiental de la Construcción de la Vía Monay-Baguanchi-Tierras Coloradas-El Salado*. Cuenca. Recuperado el Diciembre de 2019, de https://maeazuay.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/12/estudio-de-impacto-ambiental-monay-baguanchi-comprimido1_compressed.pdf

9. ANEXOS



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO
SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE,
PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

9.1. GEOTÉCNICO

- GRANULOMETRÍA
- ENSAYO DE PROCTOR
- ENSAYO DE CBR

PROYECTO:	Estudios para la evaluación funcional de varias calles de la ciudad de Cuenca en pavimento flexible		
SOLICITA:	GAD Municipal de Cuenca		
ADMINISTRADOR:	Ing. Rocío Vásquez Bravo		
ENSAYO:	PROCTOR MODIFICADO	Calicata No:	C-4
NORMA:	ASTM D1557	Profundidad:	1.50 m
Fecha de Extracción:	martes, 14 de septiembre de 2021	Material:	Suelo Natural - Subrasante
Fecha de Ensayo:	miércoles, 15 de septiembre de 2021	Calle:	0
Revisado por:	Ing. Flavio Albarracín LL.	Parroquia:	Parroquia Monay Baguanchi

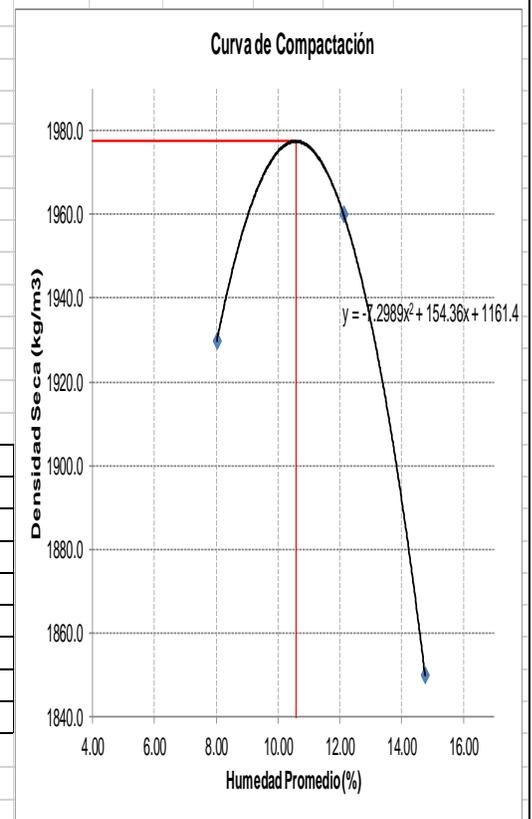
MÉTODO =	C	MOLDE # 1	Peso =	6055	gr
		# Capas / Mol = 5	Volumen =	945	cc
PROCTOR =	MODIFICADO	# Golpes / Capa = 25	Diametro =	4	pulg

DENSIDAD DE LABORATORIO				
Molde #	1	2	3	
Humedad inicial (%)	9	12	14	
Peso suelo hum + Molde (gr)	8023	8134	8060	
Densidad Húmeda (Kg/m³)	2080	2200	2120	
Densidad Seca (Kg/m³)	1930	1960	1850	

PORCENTAJE DE HUMEDAD ÓPTIMA						
Molde #	1		2		3	
Tarro #	64	91	77	76	92	79
Peso húmedo + tarro (gr)	57.22	62.20	52.29	51.23	54.12	54.61
Peso seco + tarro (gr)	53.67	58.37	47.65	46.83	48.33	49.00
Peso de tarro (gr)	9.94	10.07	9.97	9.94	9.86	10.19
% de Humedad	8.12	7.93	12.31	11.93	15.05	14.46
% Promedio humedad	8.02		12.12		14.75	

Observaciones:

Den. máxima =	1,978 kg/m ³
Hum. óptima =	10.57 %



PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA MSc.
SENECYT 1031-2021-2295924

PROYECTO:	Estudios para la evaluación funcional de varias calles de la ciudad de Cuenca en pavimento flexible		
SOLICITA:	GAD Municipal de Cuenca		
ADMINISTRADOR:	Ing. Rocío Vásquez Bravo		
ENSAYO :	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
NORMA:	ASTMD-1883		
Fecha de Extracción :	martes, 14 de septiembre de 2021		
Fecha de Ensayo:	miércoles, 15 de septiembre de 2021		
Revisado por :	Ing. Flavio Albarracín Ll.		
	Calicata No :	C-4	
	Profundidad :	1.50 m	
	Material :	Suelo Natural - Subrasante	
	Calle :	0	
	Parroquia :	Parroquia Monay Baguanchi	

Datos de los Moldes							
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5	
	Molde №	8M	Molde №	10M	Molde №	12M	
Diámetro =	0.15255 m	6.006 plgs.	0.15239 m	6.000 plgs.	0.15262 m	6.009 plgs.	
Altura =	0.1168 m	4.597 plgs.	0.1169 m	4.601 plgs.	0.1166 m	4.589 plgs.	
Volumen =	0.002134 m³		0.002132 m³		0.002133 m³		

Molde	№	8M	10M	12M
Golpes	№	56	25	10

ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	13.541		13.046		13.337		
Peso de molde	Kg	8.874		8.668		9.196		
Peso suelo húmedo	Kg	4.667		4.378		4.141		
Peso suelo seco	Kg	4.188		4.009		3.778		
Densidad húmeda	Kg/m3	2190		2050		1940		
Densidad Seca	Kg/m3	1960		1880		1770		
HUMEDAD	Tarro №	70	86	111	109	97	110	
	Peso húmedo + recipiente	gr	53.63	53.47	53.09	54.29	50.56	53.07
	Peso seco + recipiente	gr	49.00	49.15	49.45	50.55	46.98	49.30
	Peso de agua	gr	4.63	4.32	3.64	3.74	3.58	3.77
	Peso de recipiente	gr	9.71	10.14	9.92	9.97	9.81	9.97
	Peso seco	gr	39.29	39.01	39.53	40.58	37.17	39.33
	Contenido de agua	%	11.78	11.07	9.21	9.22	9.63	9.59
	Promedio	%	11.43		9.21		9.61	

LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)			
Inicial		0.000	0.000
24 Horas		100.000	122.000
48 Horas		115.000	145.000
72 Horas		145.000	158.000
96 Horas		156.000	160.000
Expansión	%	1.34	1.38

DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	13.660		13.319		13.644		
Peso de molde	Kg	8.874		8.668		9.196		
Peso suelo húmedo	Kg	4.786		4.651		4.448		
Peso suelo seco	Kg	4.205		4.031		3.759		
Densidad húmeda	Kg/m3	2240		2180		2090		
Densidad Seca.	Kg/m3	1970		1890		1760		
HUMEDAD	Tarro №	73	67	85	84	90	91	
	Peso húmedo + recipiente	gr	49.61	52.60	49.85	49.60	65.97	60.55
	Peso seco + recipiente	gr	44.82	47.38	44.58	44.37	57.55	52.48
	Peso de agua	gr	4.79	5.22	5.27	5.23	8.42	8.07
	Peso de recipiente	gr	10.00	9.72	10.51	10.20	9.86	10.07
	Peso seco	gr	34.82	37.66	34.07	34.17	47.69	42.41
	Contenido de agua	%	13.76	13.86	15.47	15.31	17.66	19.03
	Promedio	%	13.81		15.39		18.34	

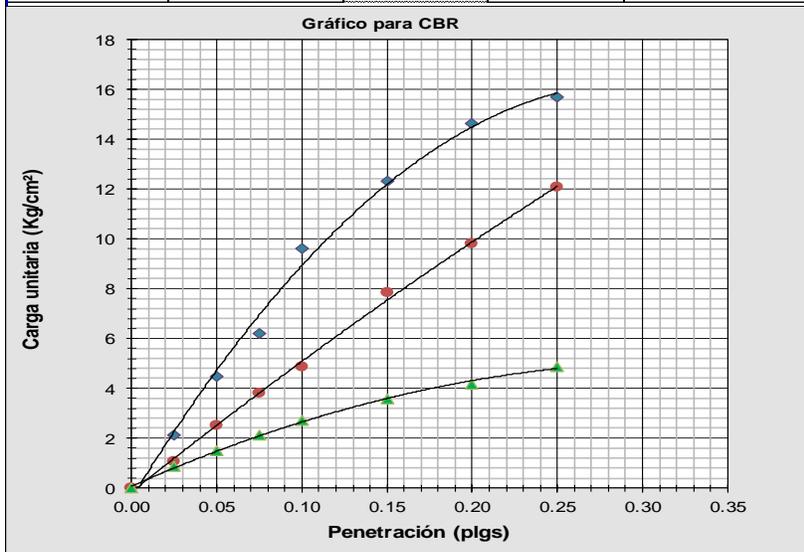
Observaciones:

PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA MSc.
SENESCYT 1031-2021-2295924

PROYECTO:	Estudios para la evaluación funcional de varias calles de la ciudad de Cuenca en pavimento flexible		
SOLICITA:	GAD Municipal de Cuenca		
ADMINISTRADOR:	Ing. Rocío Vásquez Bravo		
ENSAYO :	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		
NORMA:	ASTMD-1883		
Fecha de Extracción :	martes, 14 de septiembre de 2021		
Fecha de Ensayo:	miércoles, 15 de septiembre de 2021		
Revisado por :	Ing. Flavio Albarracín Ll.		
Calicata No :	C-4		
Profundidad :	1.50 m		
Material :	Suelo Natural - Subrasante		
Calle :	0		
Parroquia :	Parroquia Monay Baguanchi		

Molde №			8M	10M	12M	8M	10M	12M
№ Golpes por capa			56	25	10	56	25	10
Penetración			Carga de penetración en kN.			Carga de penetración en Lb.		
(mm)	(plg)							
0.0	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025		0.42	0.21	0.17	94.42	47.21	38.22
1.27	0.05		0.89	0.50	0.30	200.08	112.40	67.44
1.91	0.075		1.23	0.76	0.42	276.51	170.85	94.42
2.54	0.10		1.91	0.97	0.54	429.39	218.06	121.40
3.81	0.15		2.45	1.56	0.71	550.78	350.70	159.61
5.08	0.20		2.91	1.95	0.83	654.19	438.38	186.59
6.35	0.25		3.12	2.40	0.97	700.95	539.54	218.06
7.62	0.30							
10.2	0.40							
12.7	0.50							
Penetración			Carga Unitaria en Lb/plg2			Carga Unitaria en Kg/cm2		
(mm)	(plg)							
0.0	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025		30.05	15.03	12.16	2.11	1.06	0.86
1.27	0.05		63.69	35.78	21.47	4.48	2.52	1.51
1.91	0.075		88.02	54.38	30.05	6.19	3.82	2.11
2.54	0.10		136.68	69.41	38.64	9.61	4.88	2.72
3.81	0.15		175.32	111.63	50.81	12.33	7.85	3.57
5.08	0.20		208.24	139.54	59.39	14.64	9.81	4.18
6.35	0.25		223.12	171.74	69.41	15.69	12.07	4.88
7.62	0.30							
10.2	0.40							
12.7	0.50							



C.B.R. para 2,54mm	
№ Golpes	56
Carga Unitaria (Kg/cm2)	9.61
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	13.64
№ Golpes	25
Carga Unitaria (Kg/cm2)	4.88
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	6.93
№ Golpes	11
Carga Unitaria (Kg/cm2)	2.72
Carga Unitaria Patrón (Kg/cm2)	70.45
C.B.R (%)	3.86

Observaciones:

.....

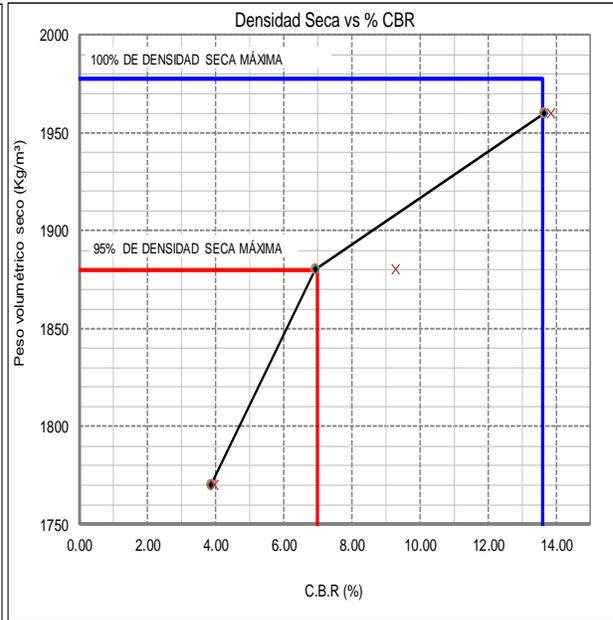
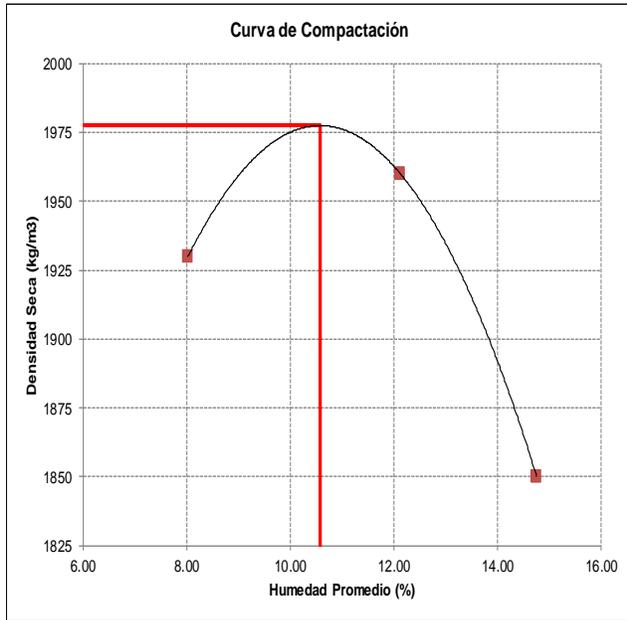
.....

.....

PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA MSc.
SENESCYT 1031-2021-2295924

PROYECTO:	Estudios para la evaluación funcional de varias calles de la ciudad de Cuenca en pavimento flexible		
SOLICITA:	GAD Municipal de Cuenca		
ADMINISTRADOR:	Ing. Rocío Vásquez Bravo		
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	Calicata No :	C-4
NORMA:	ASTMD-1883	Profundidad :	1.50 m
Fecha de Extracción:	martes, 14 de septiembre de 2021	Material :	Suelo Natural - Subrasante
Fecha de Ensayo:	miércoles, 15 de septiembre de 2021	Calle :	0
Revisado por :	Ing. Flavio Albarracín LJ.	Parroquia :	Parroquia Monay Baguanchi



Nº Golpes	Densidad Kg/m3	Carga Unitaria Kg/cm2		Carga Unitaria Patrón Kg/cm2		C.B.R. %		Expansión %
		0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	
56	1960	9.61	14.64	70.45	105.68	13.64	13.85	1.34
25	1880	4.88	9.81	70.45	105.68	6.93	9.28	1.38
10	1770	2.72	4.18	70.45	105.68	3.86	3.95	1.81

RESULTADOS		
Densidad seca máxima	=	1977.5 Kg/m3
95% de Densidad seca máxima	=	1880.0 Kg/m3
Humedad óptima	=	10.57 %
CBR al 100% para 0,10"	=	13.6 %
CBR al 95% para 0,10"	=	7.0 %
Expansión	=	1.34 %

Observaciones: _____

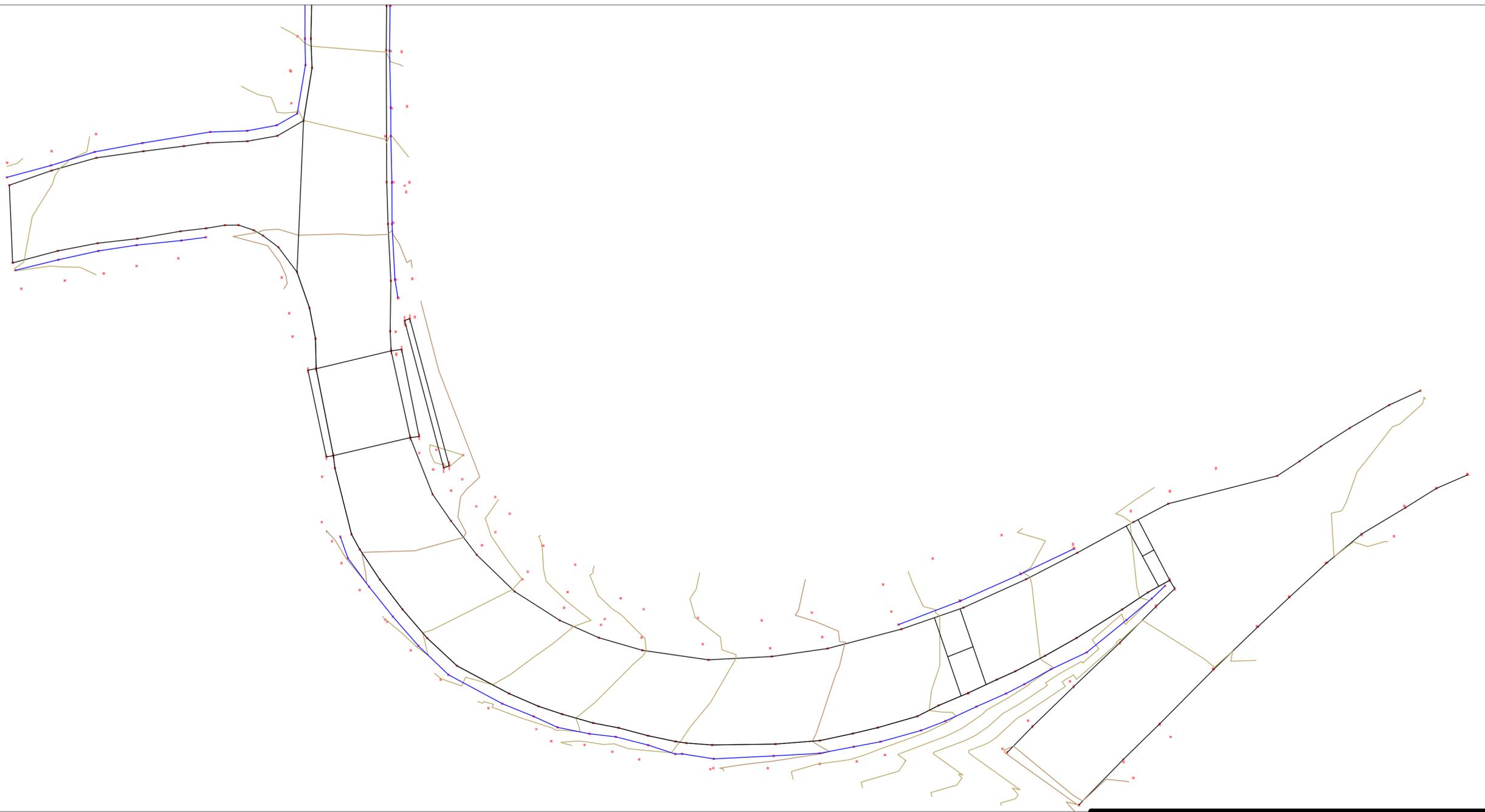
PEDRO ARCE IDROVO
LABORATORISTA

ING. FLAVIO ALBARRACIN LLIVISACA MSc.
SENECYT 1031-2021-2295924



DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO
SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE,
PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

9.2. PLANOS



SIMBOLOGÍA	
PUNTO TOPOGRÁFICO	×
CURVA DE NIVEL	—
CUNETA	—
PARED	—
PUENTE	□
VÍA	—

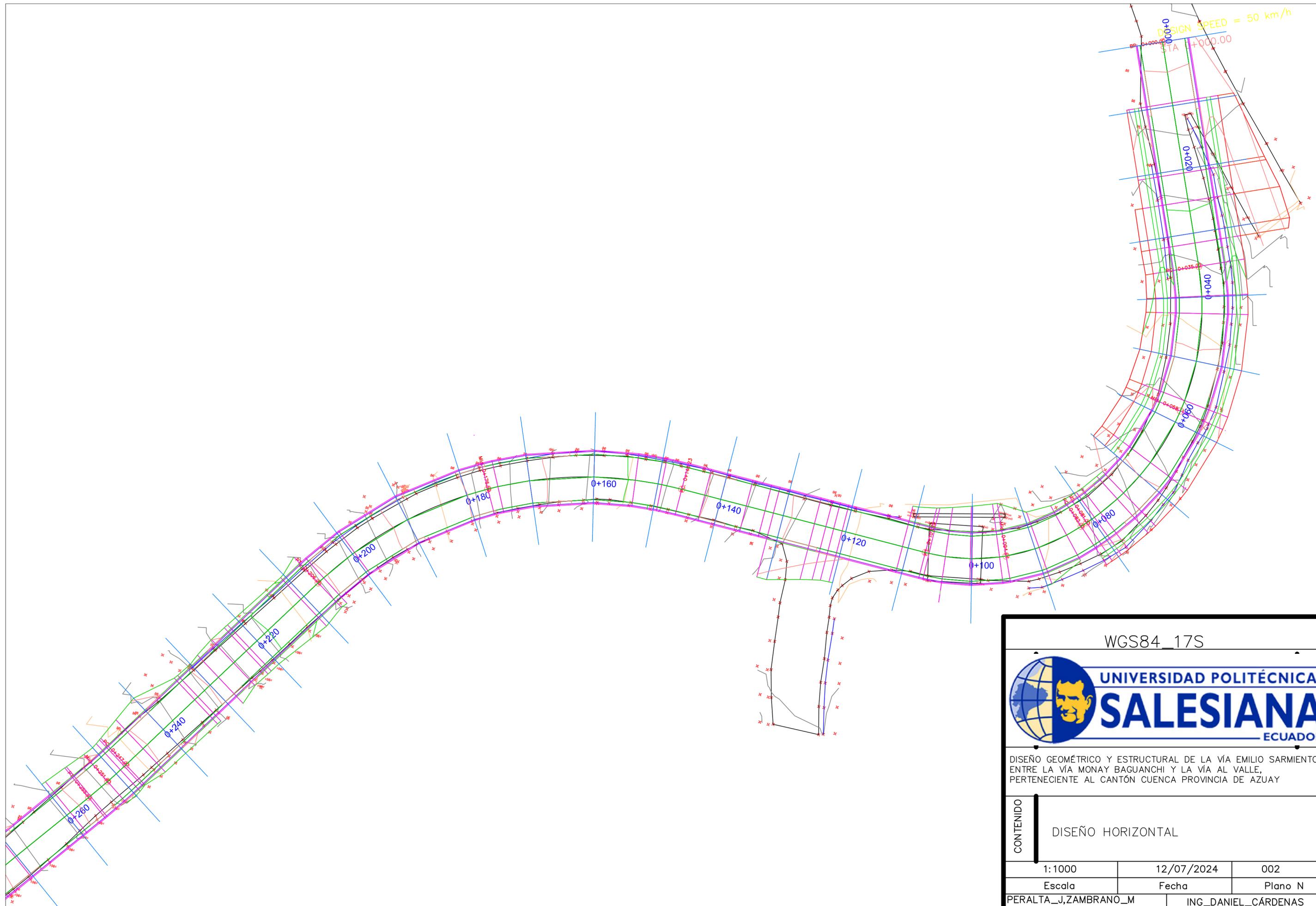
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

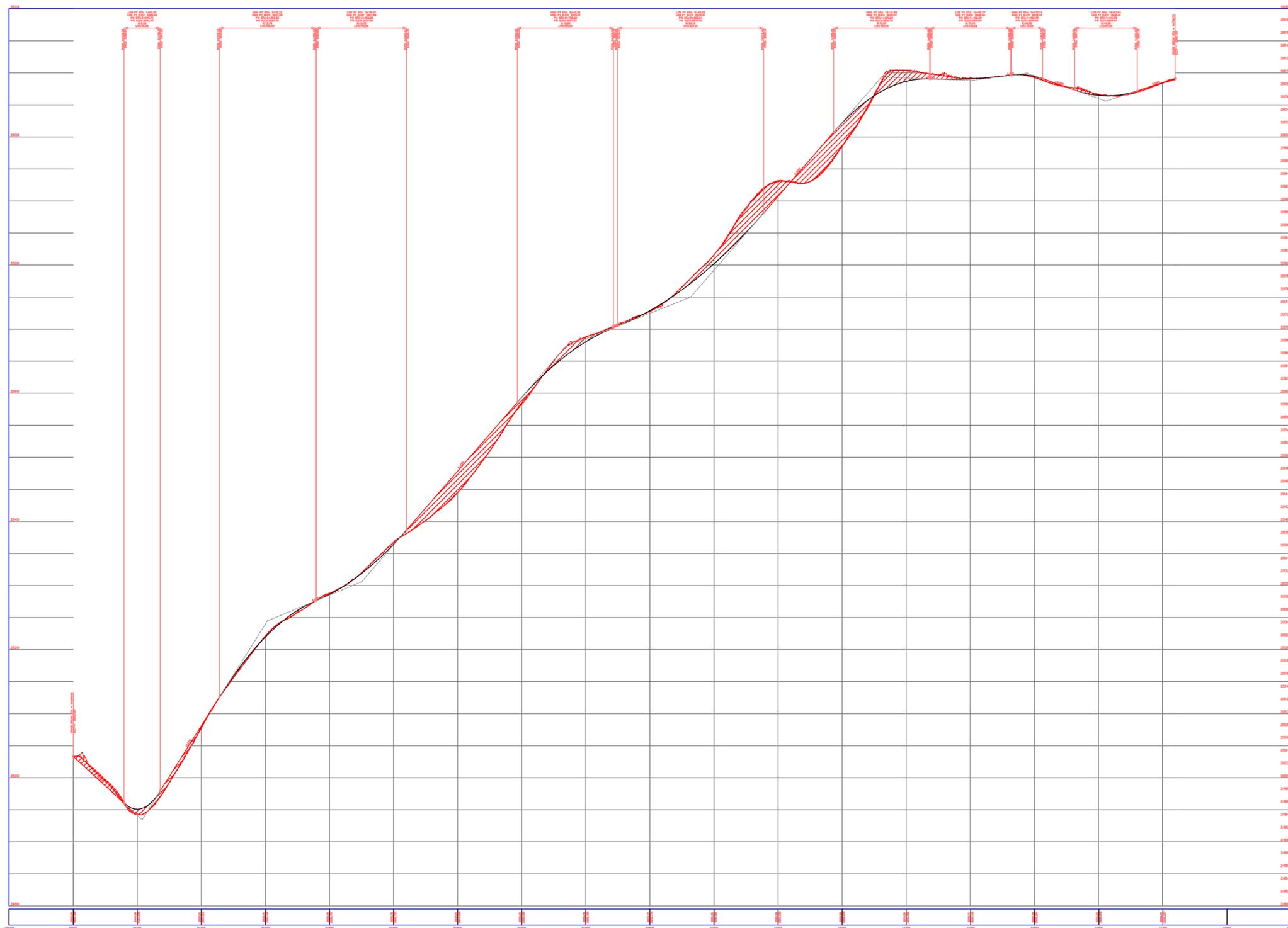
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	a) SIMBOLOGÍA		
	b) LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO		
	1:1000	12/07/2024	001
	Escala	Fecha	Plano N
	Diseñado por: PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Aprobado por:		



WGS84_17S		
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY		
CONTENIDO	DISEÑO HORIZONTAL	
1:1000	12/07/2024	002
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
Diseñado por:		Aprobado por:

E.E. PROYECTO PROFILE



WGS84_17S



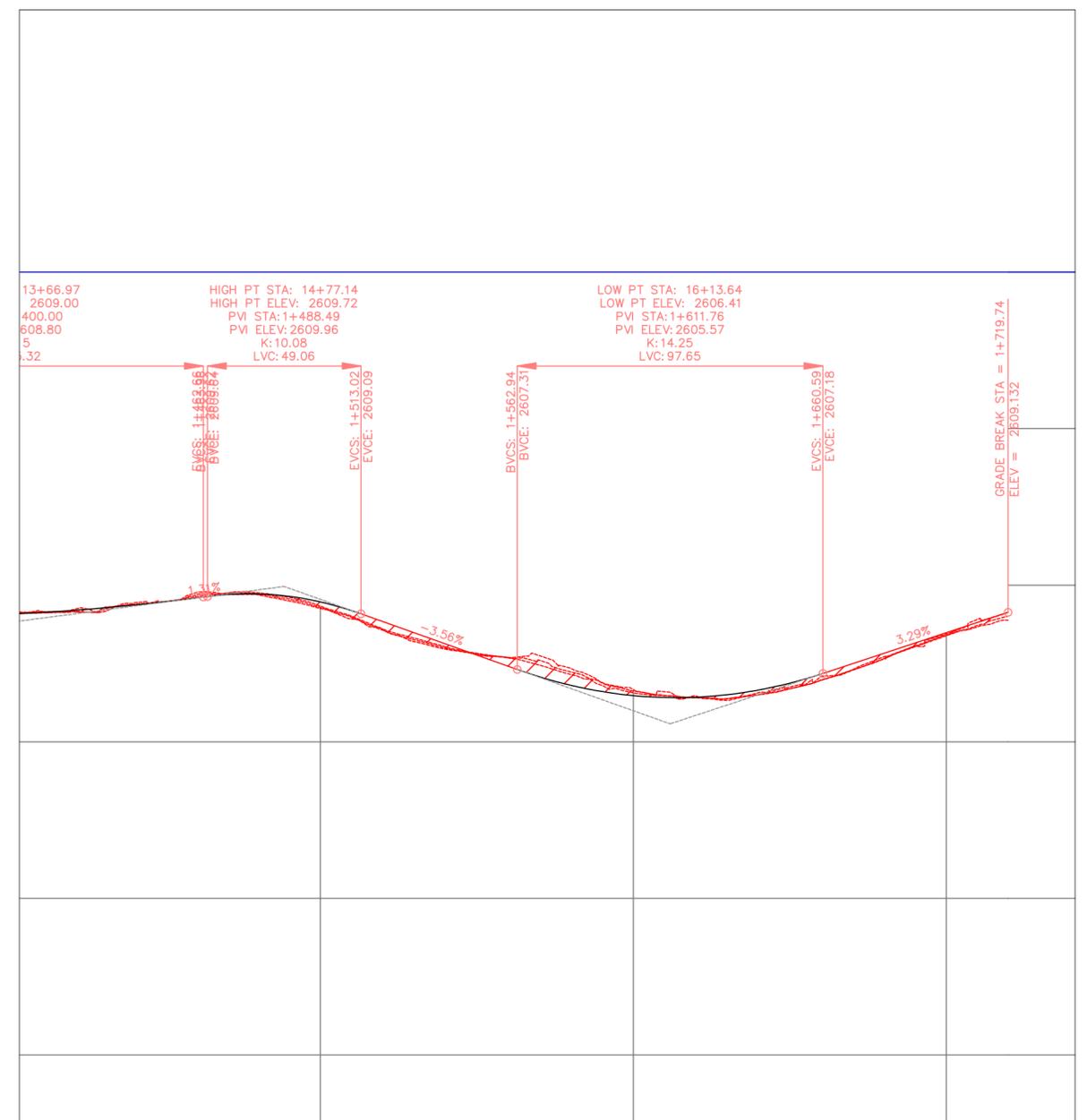
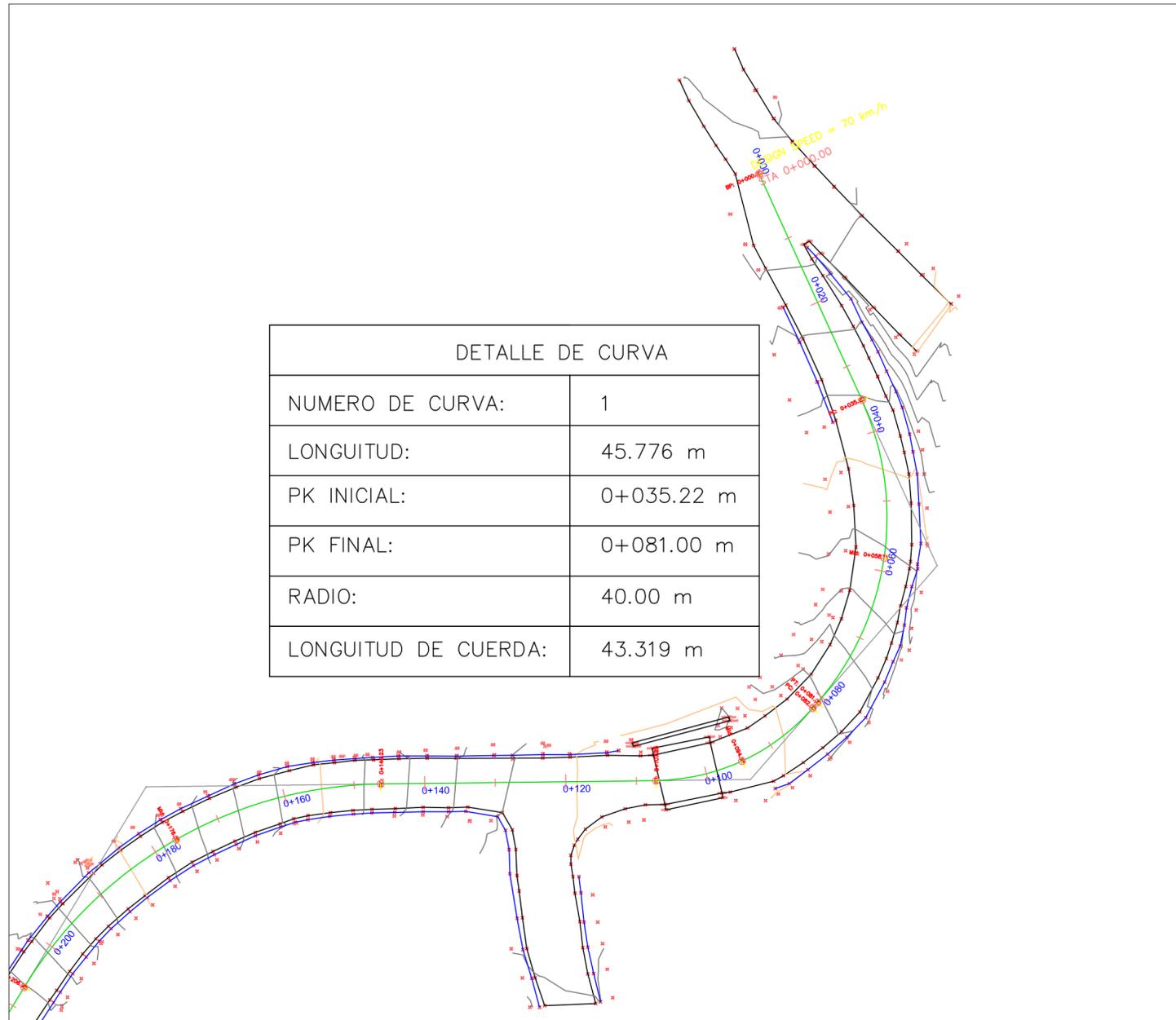
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO

DISEÑO VERTICAL

1:1000	12/07/2024	003
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
Diseñado por:	Aprobado por:	



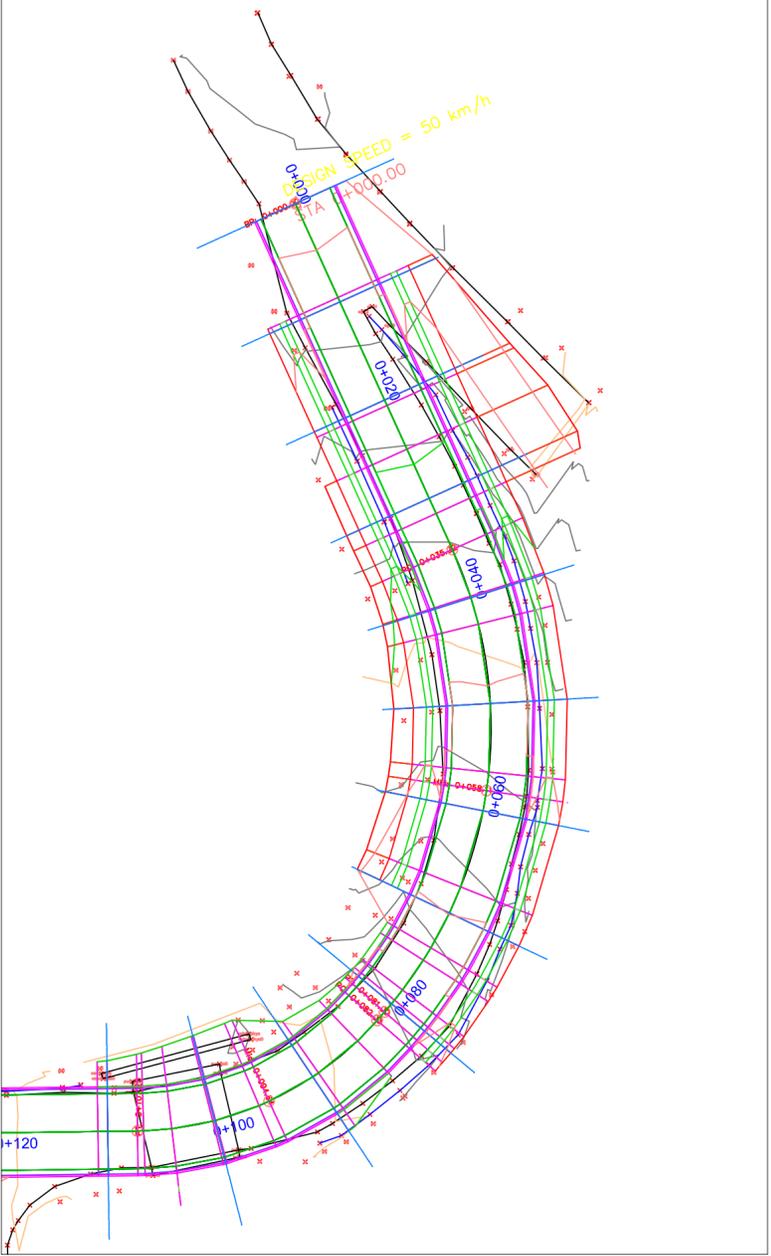
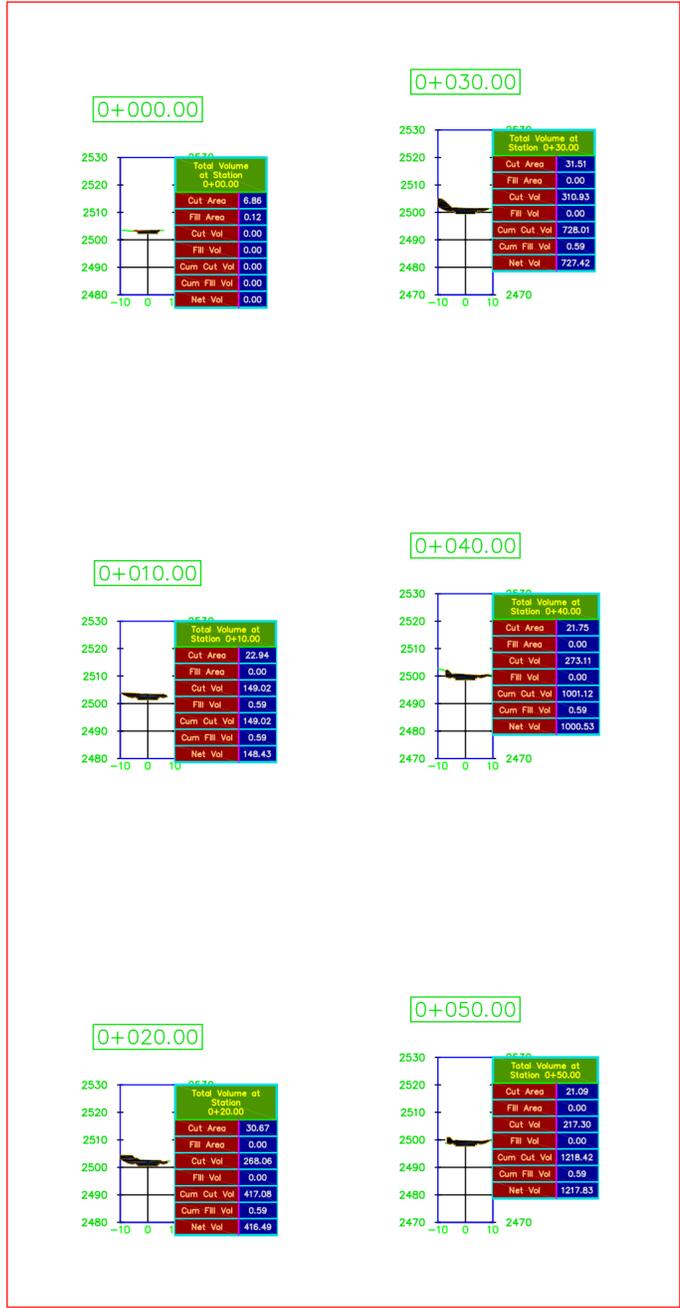
WGS84_17S

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	a) ESPECIFICACIONES CURVA HORIZONTALES
	b) ESPECIFICACIONES CURVAS VERTICALES

1:1000	12/07/2024	004
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
Diseñado por:	Aprobado por:	



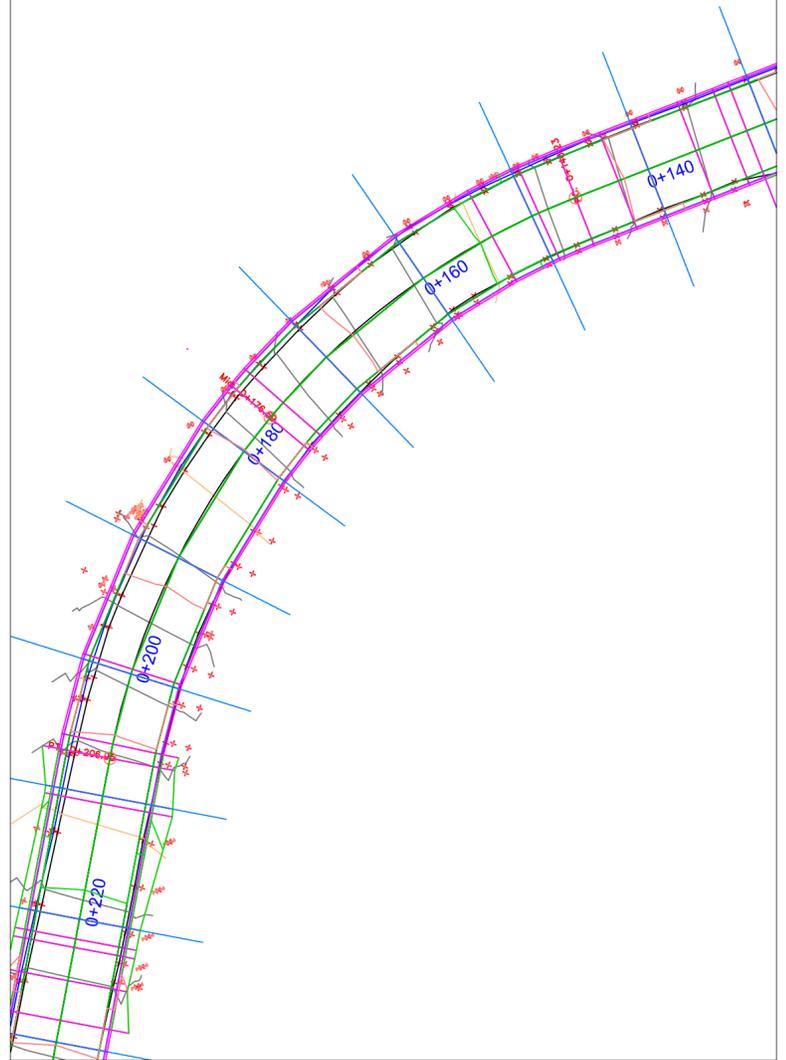
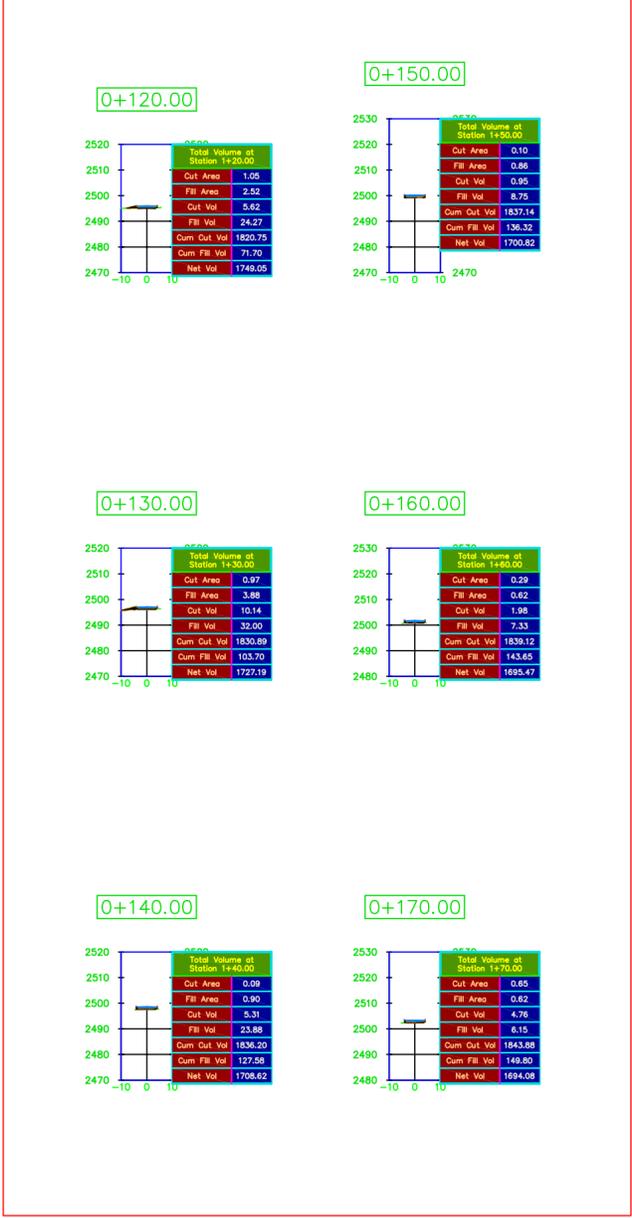
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+000 - 0+110		
	1:1000	12/07/2024	005
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:



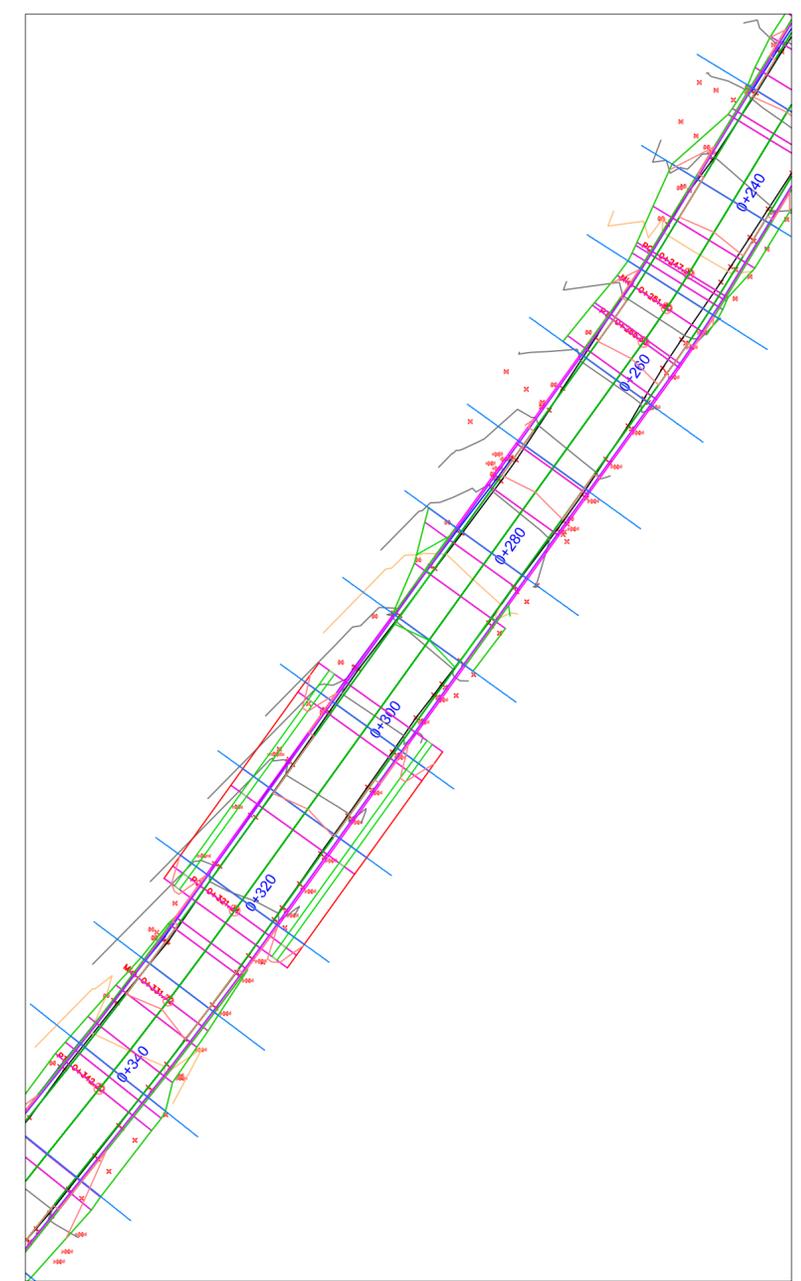
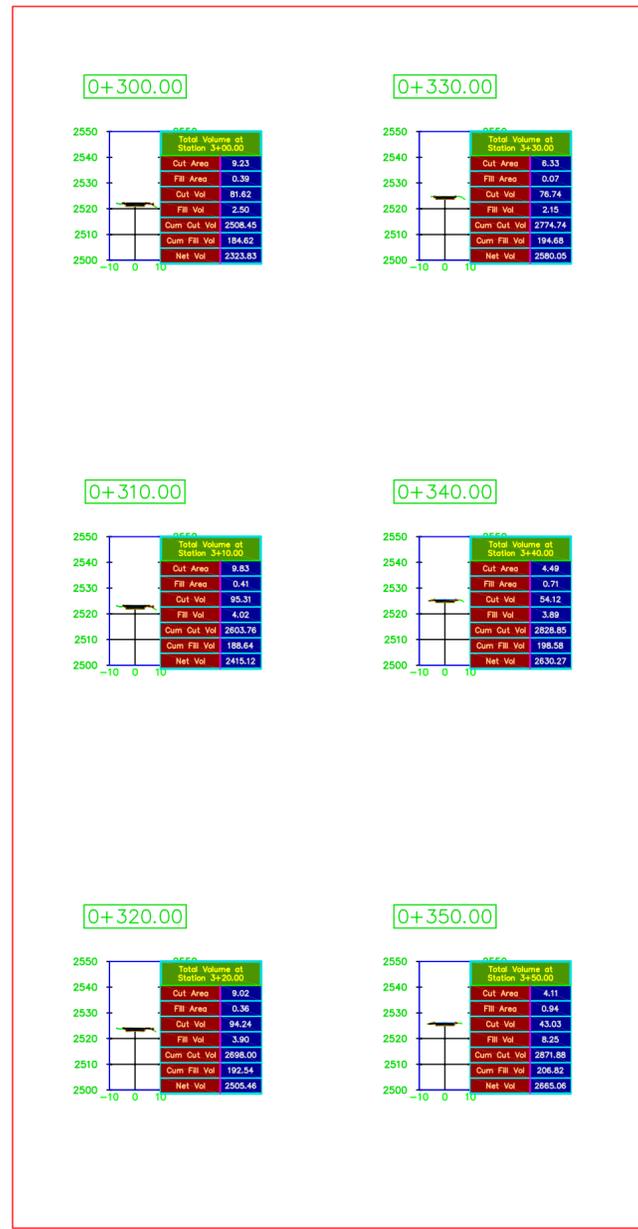
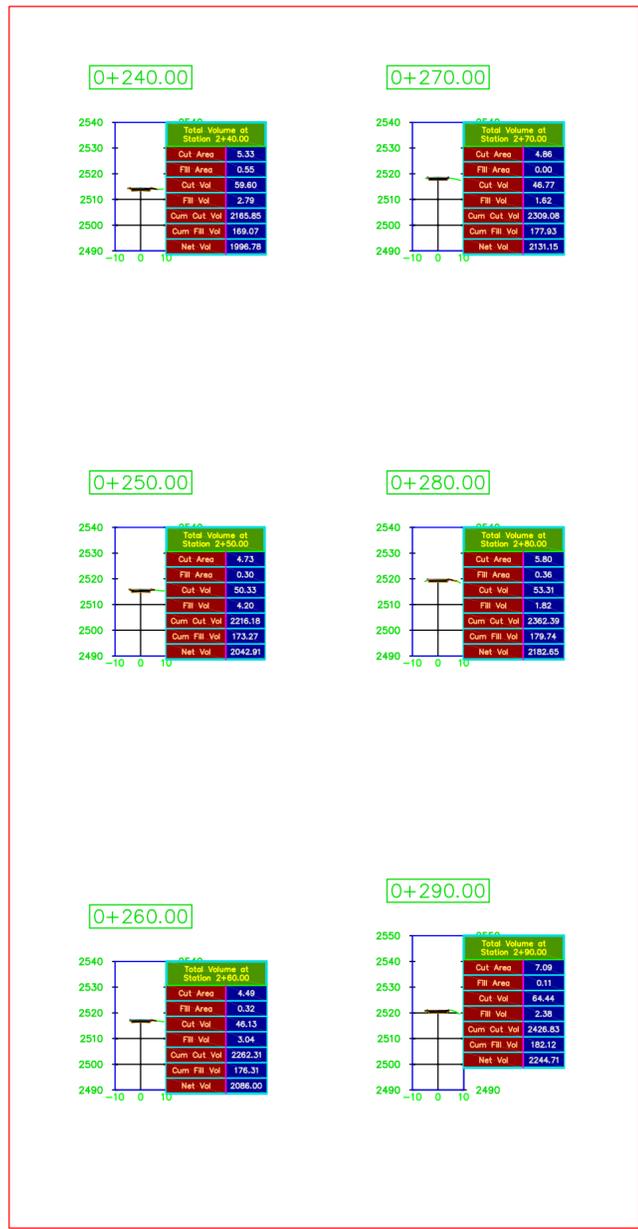
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+120 - 0+230		
	1:1000	12/07/2024	006
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:



WGS84_17S

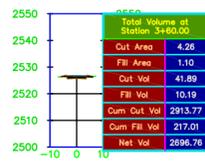


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

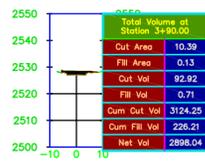
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+240 - 0+350		
	1:1000	12/07/2024	007
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:

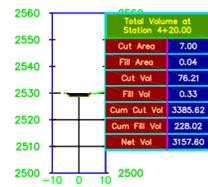
0+360.00



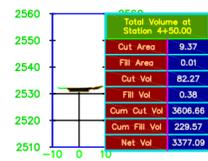
0+390.00



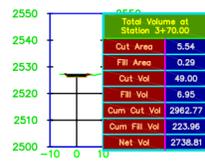
0+420.00



0+450.00



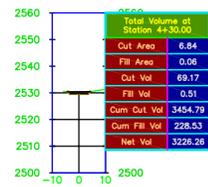
0+370.00



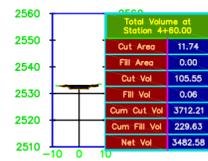
0+400.00



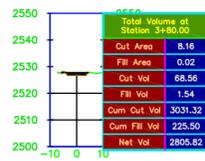
0+430.00



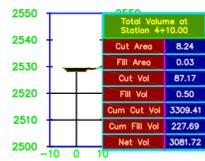
0+460.00



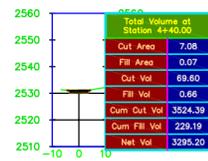
0+380.00



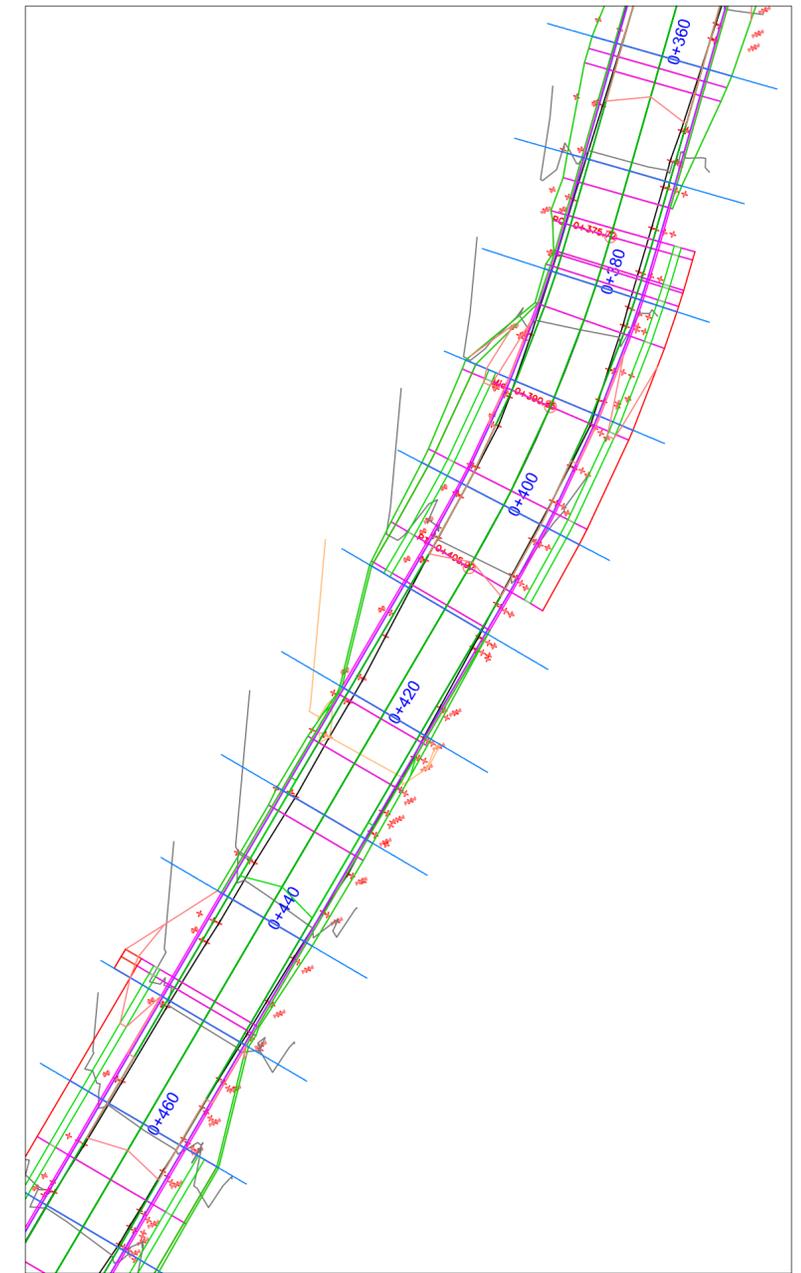
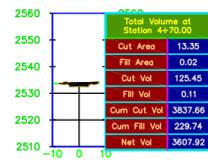
0+410.00



0+440.00



0+470.00



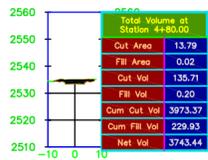
WGS84_17S



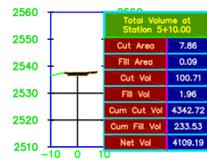
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+360 - 0+470		
	1:1000	12/07/2024	008
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
	Diseñado por:	Aprobado por:	

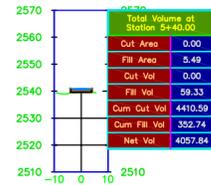
0+480.00



0+510.00



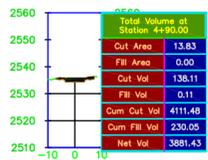
0+540.00



0+570.00



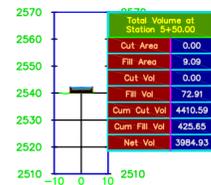
0+490.00



0+520.00



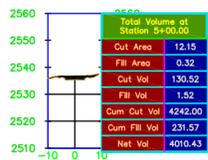
0+550.00



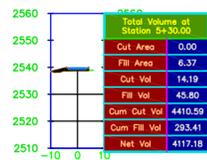
0+580.00



0+500.00



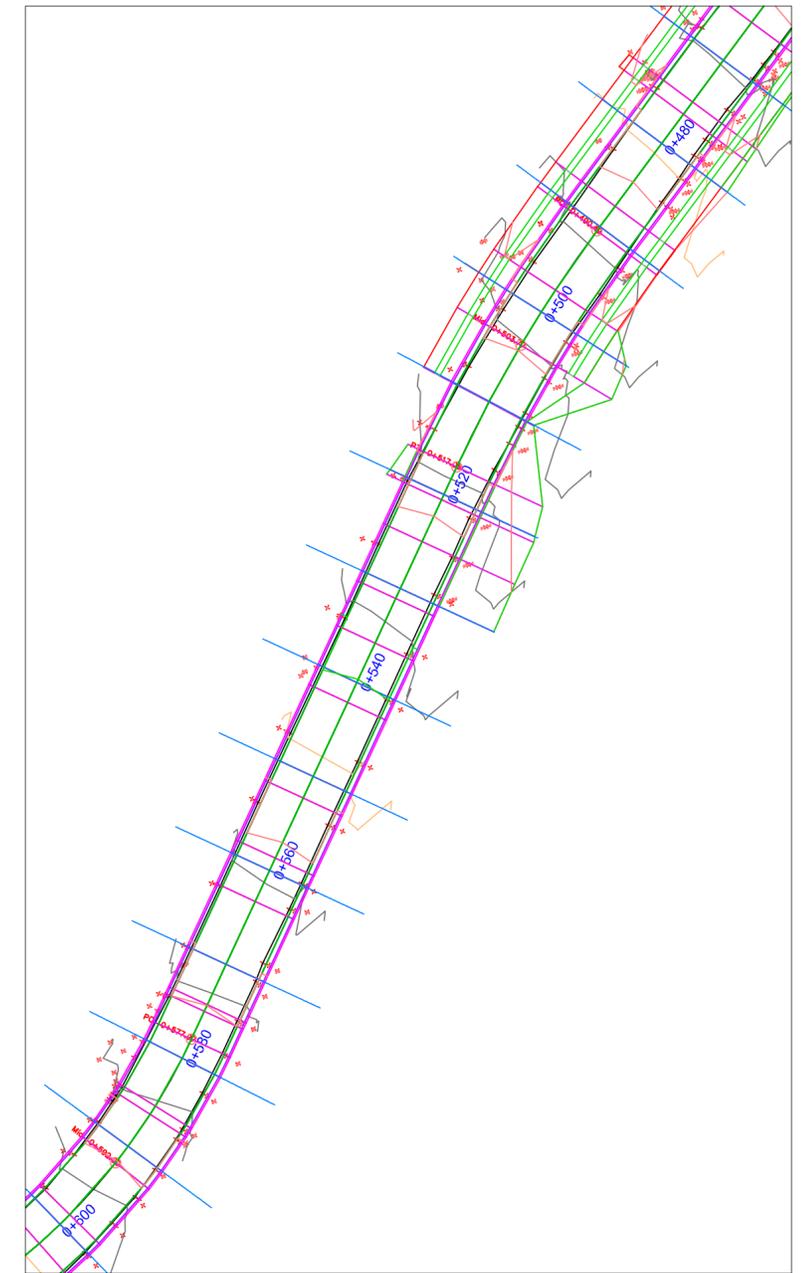
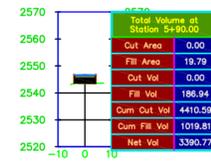
0+530.00



0+560.00



0+590.00



WGS84_17S



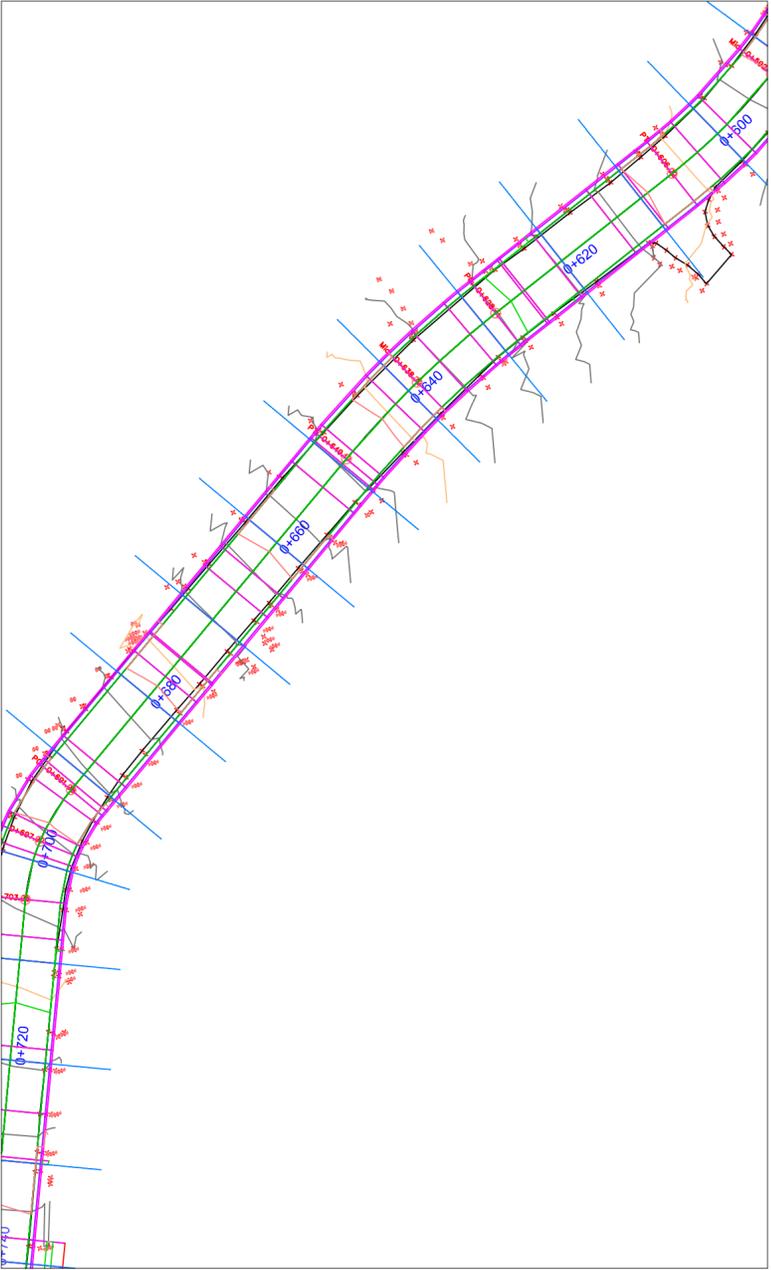
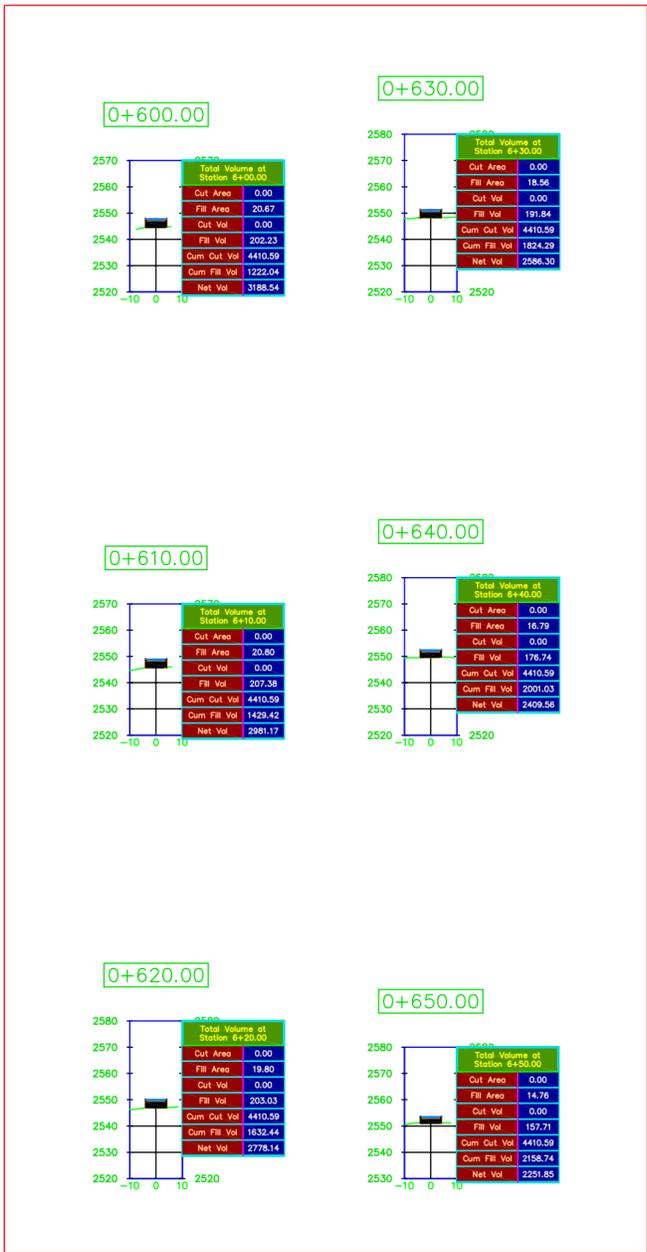
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO

SECCIONES TRANSVERSALES
ABSCISA 0+480 - 0+590

1:1000	12/07/2024	009
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
Diseñado por:	Aprobado por:	



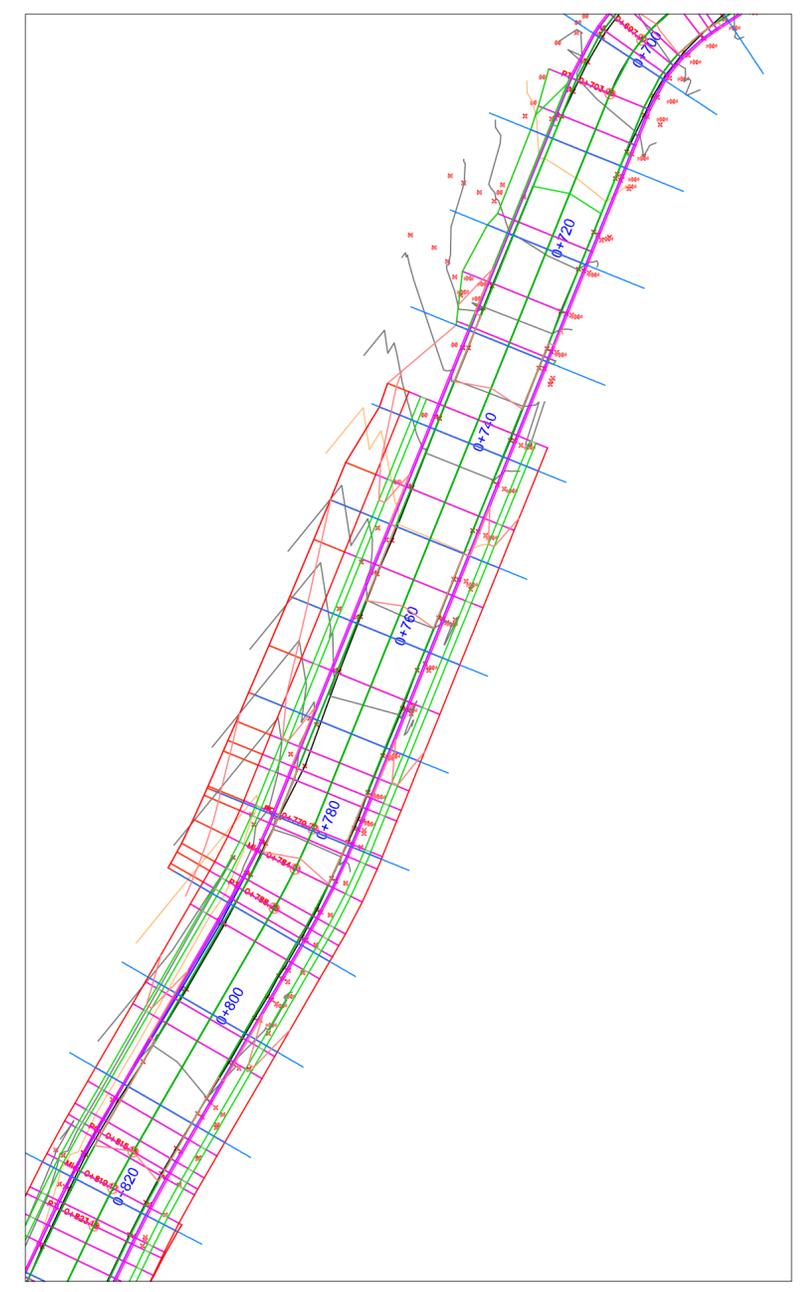
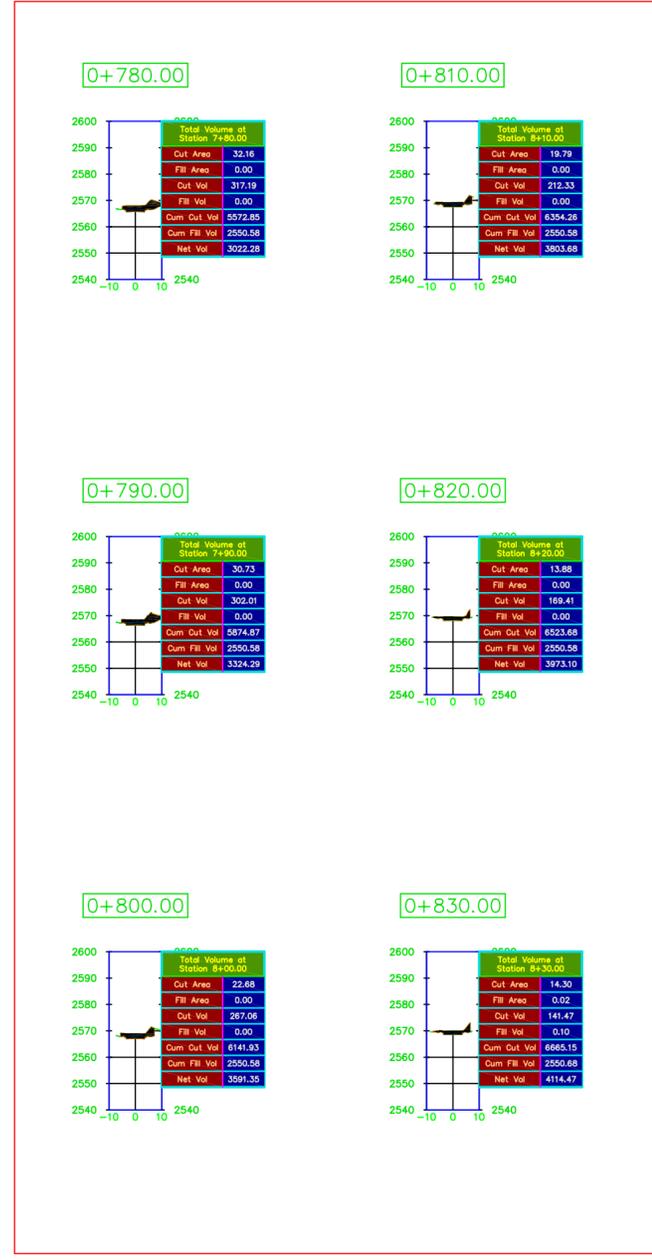
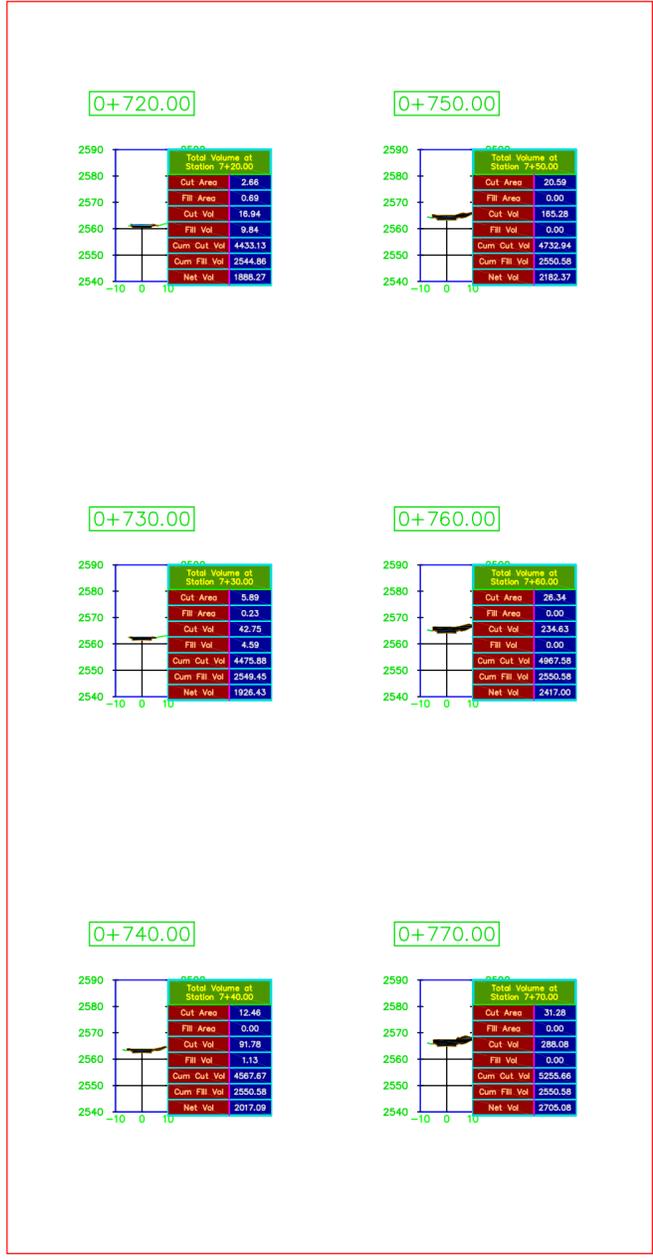
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+600 - 0+710		
	1:1000	12/07/2024	010
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:



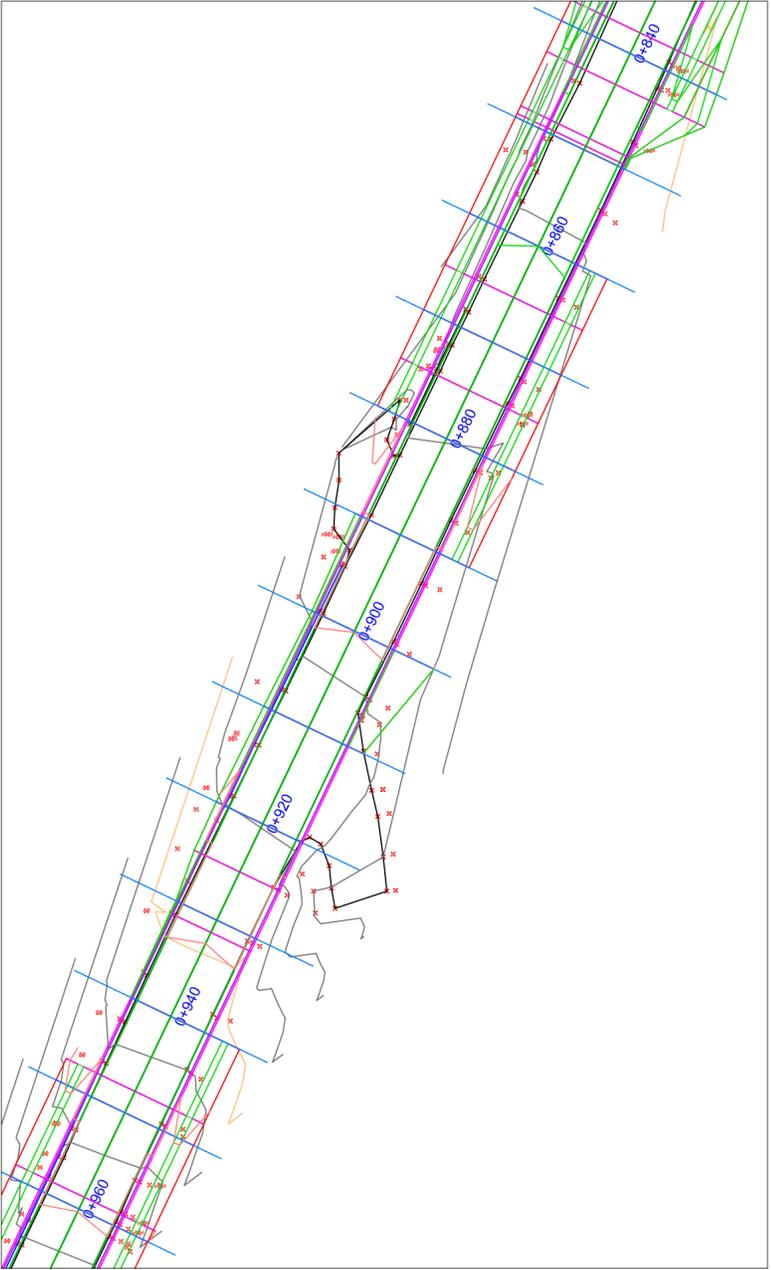
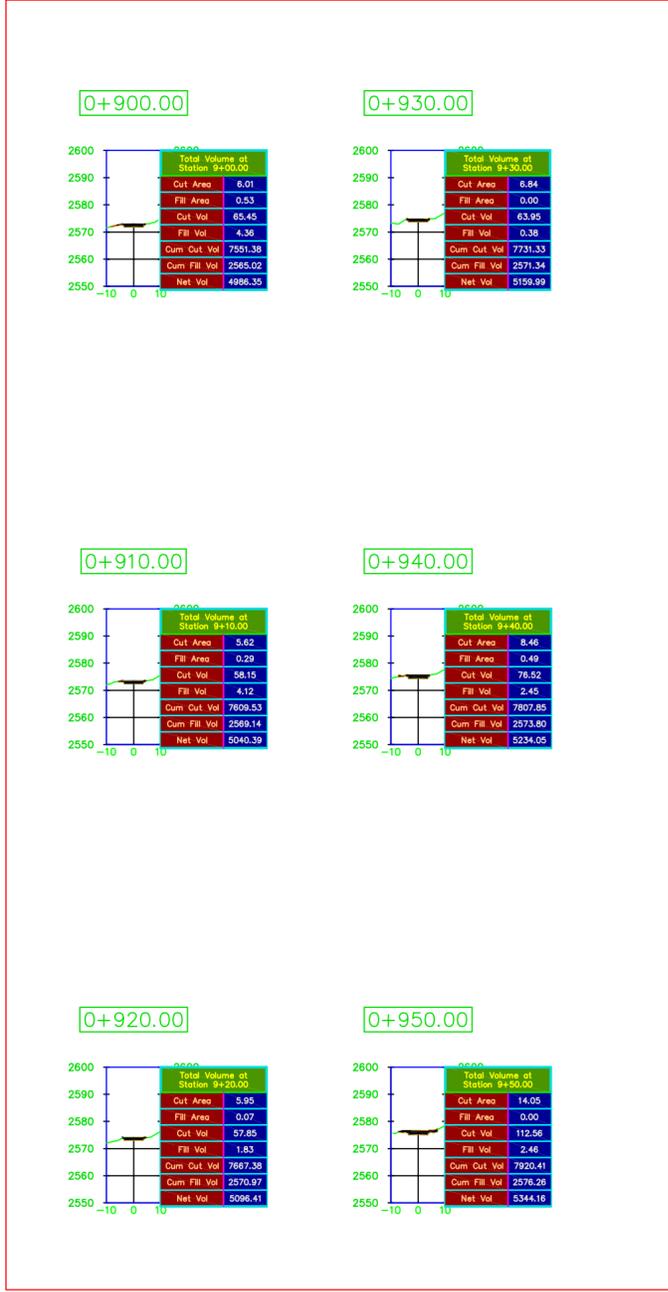
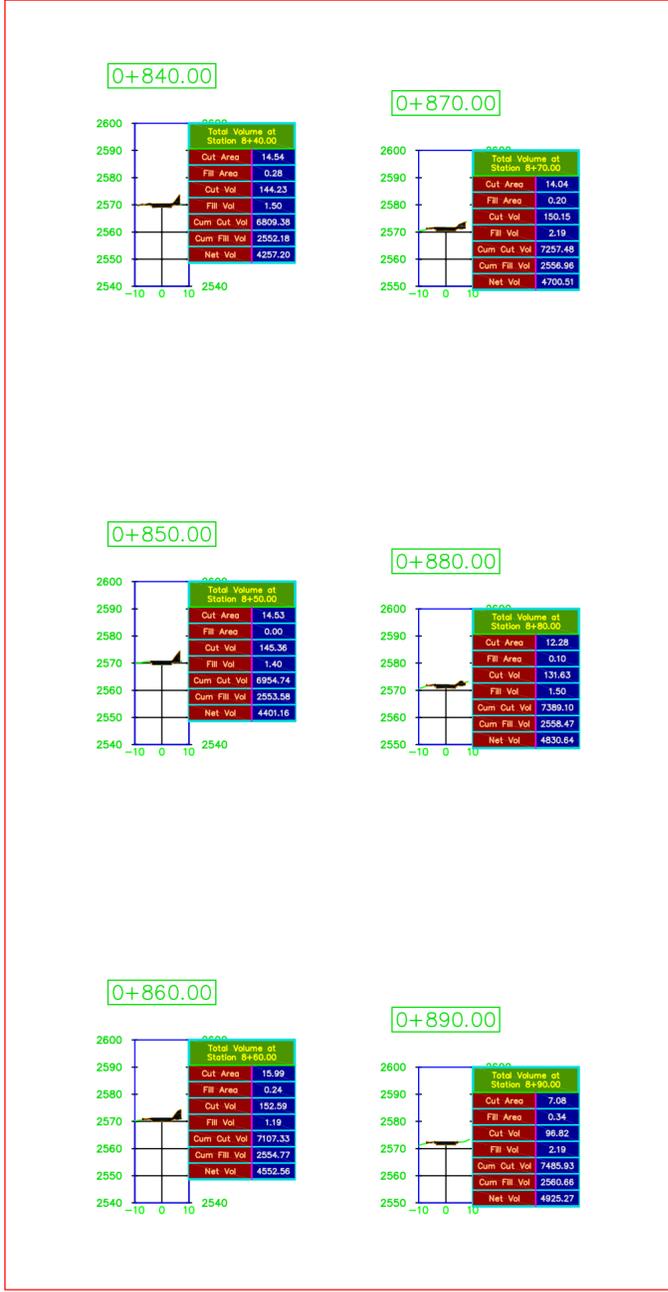
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+720 - 0+830		
	1:1000	12/07/2024	011
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:



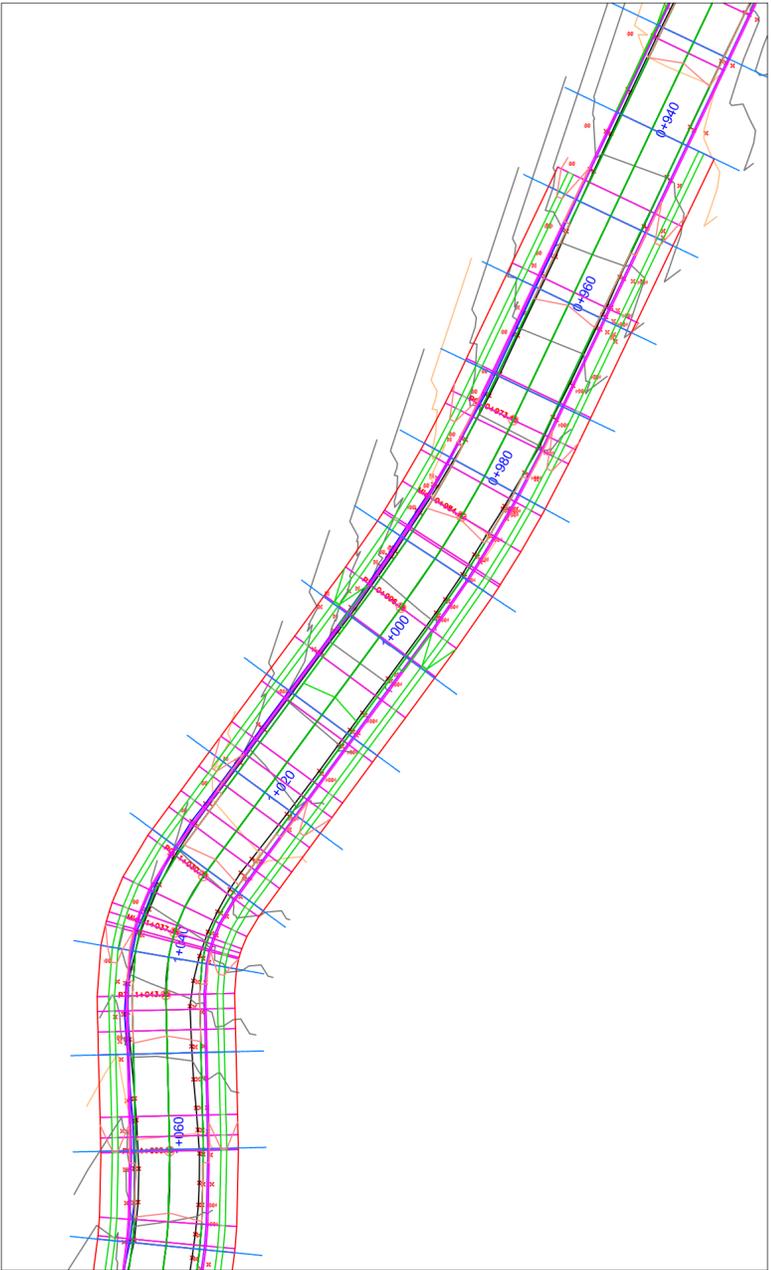
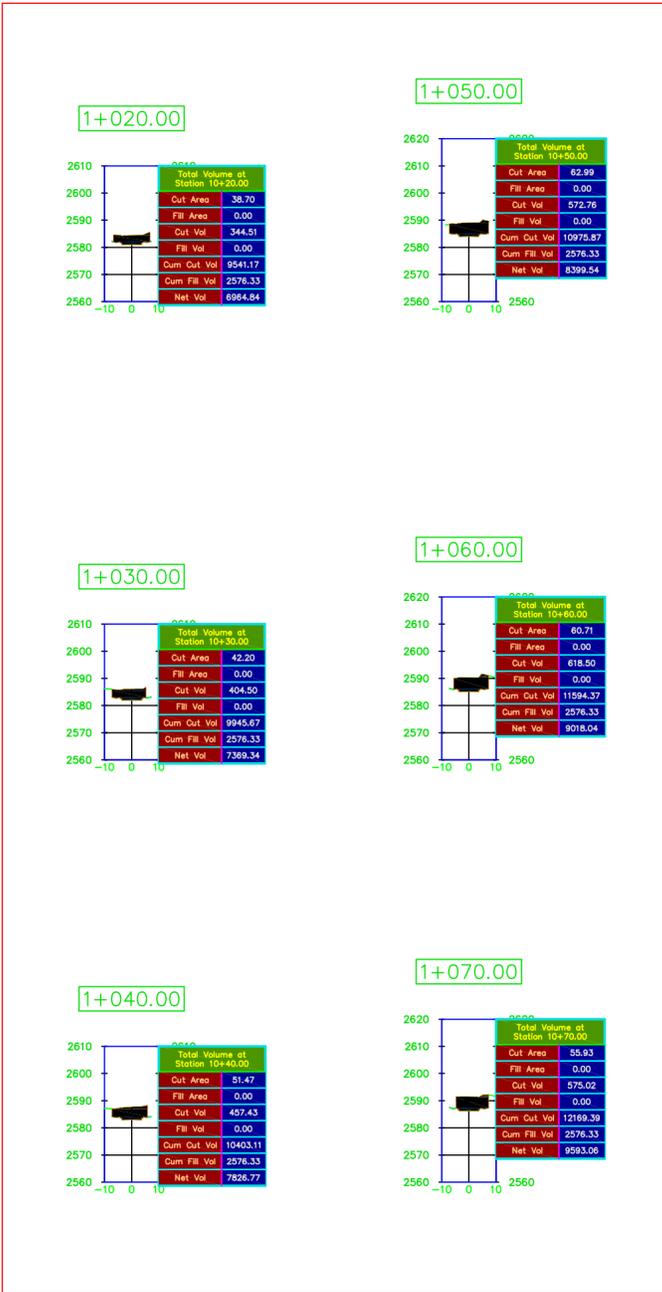
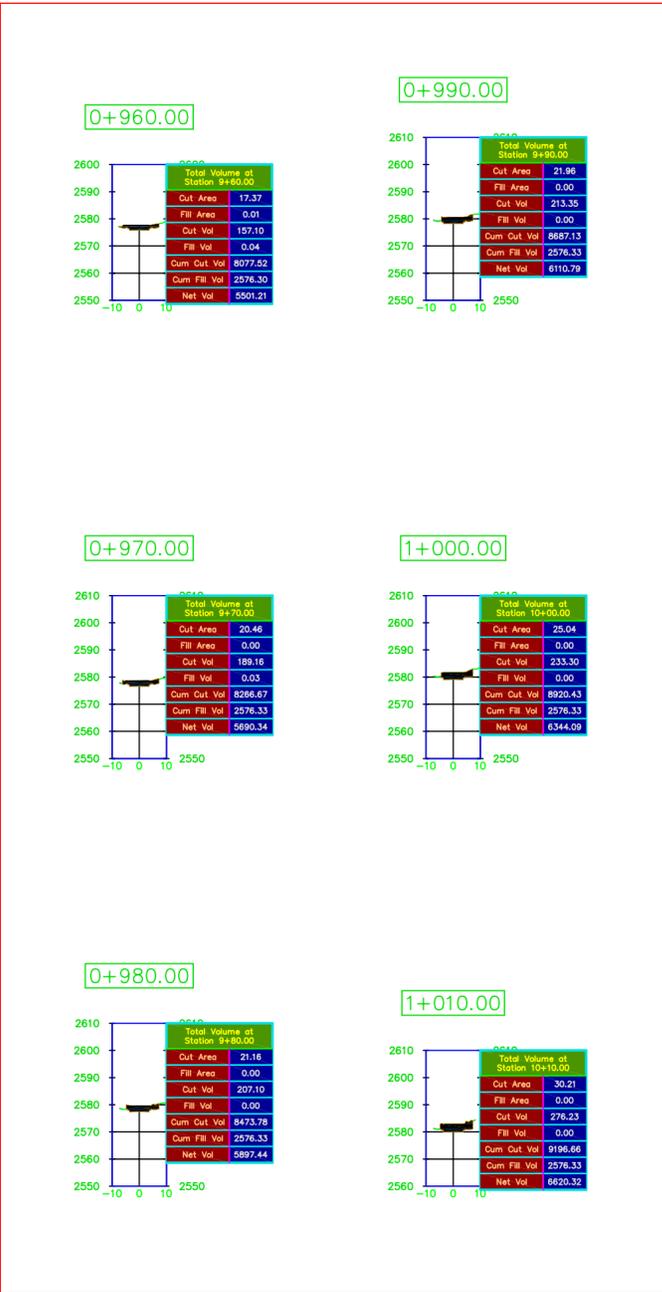
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+840 - 0+950		
	1:1000	12/07/2024	012
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
	Diseñado por:	Aprobado por:	



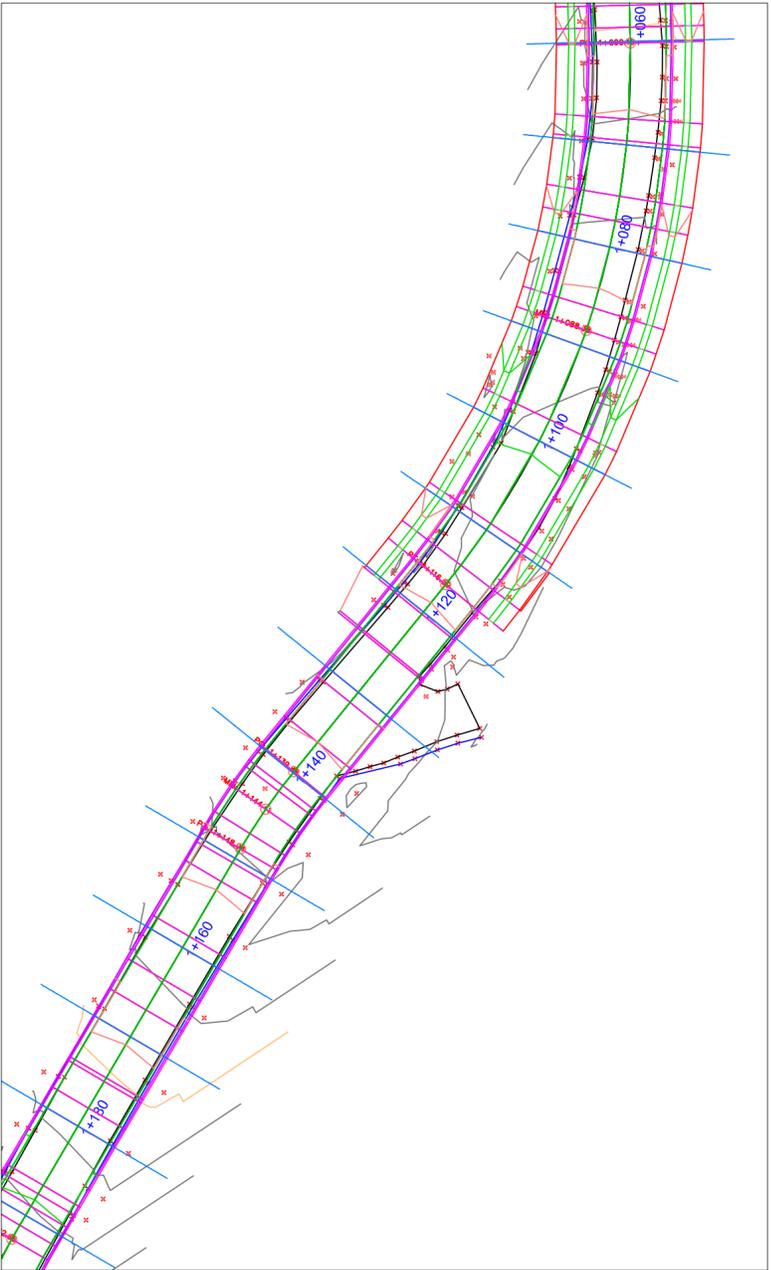
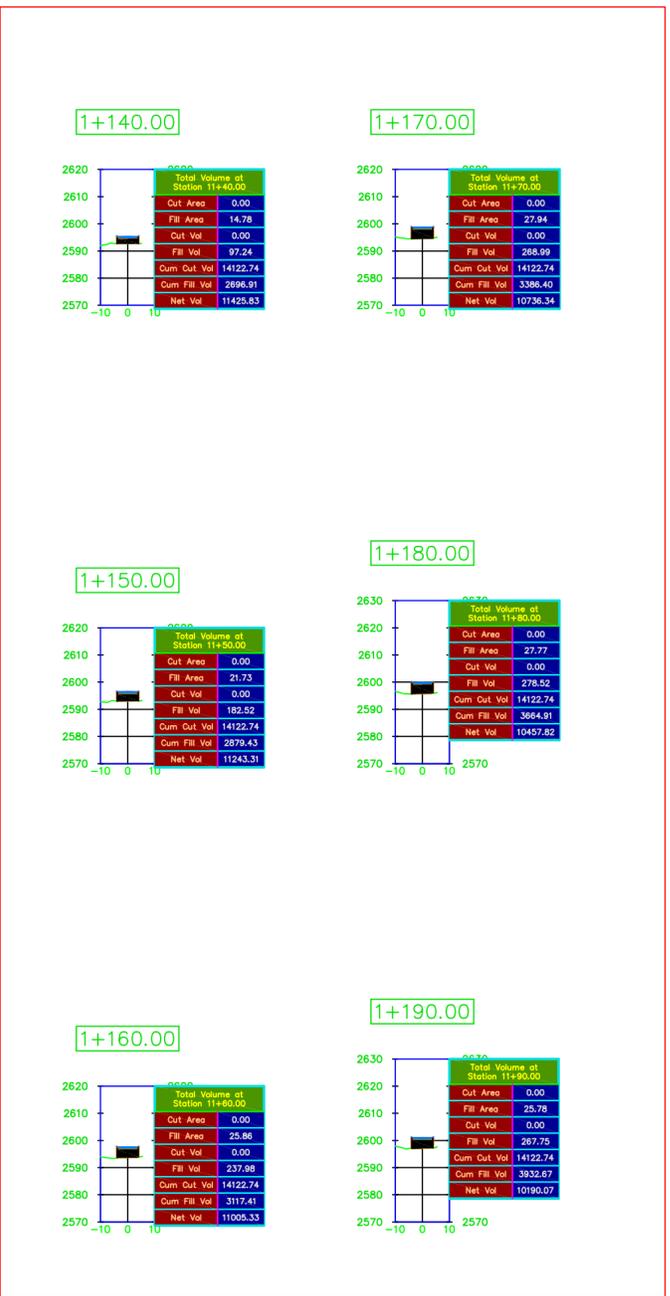
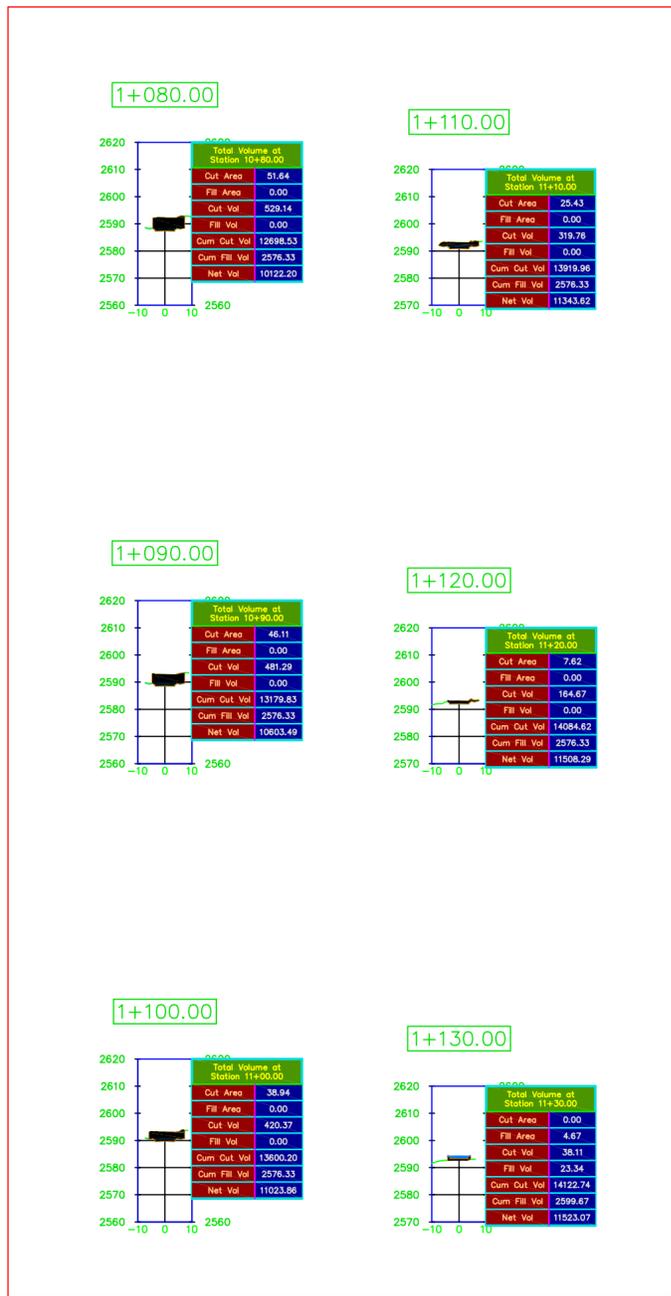
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 0+960 - 1+070		
	1:1000	12/07/2024	013
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:



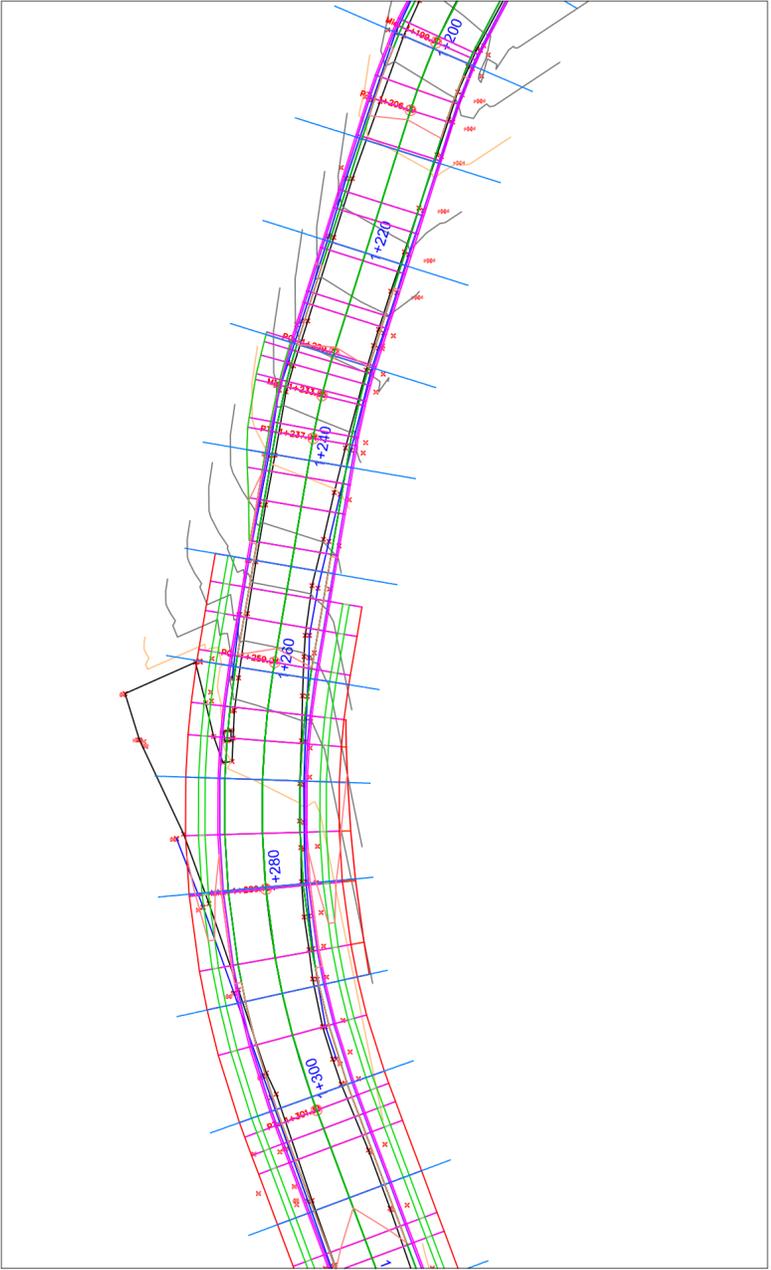
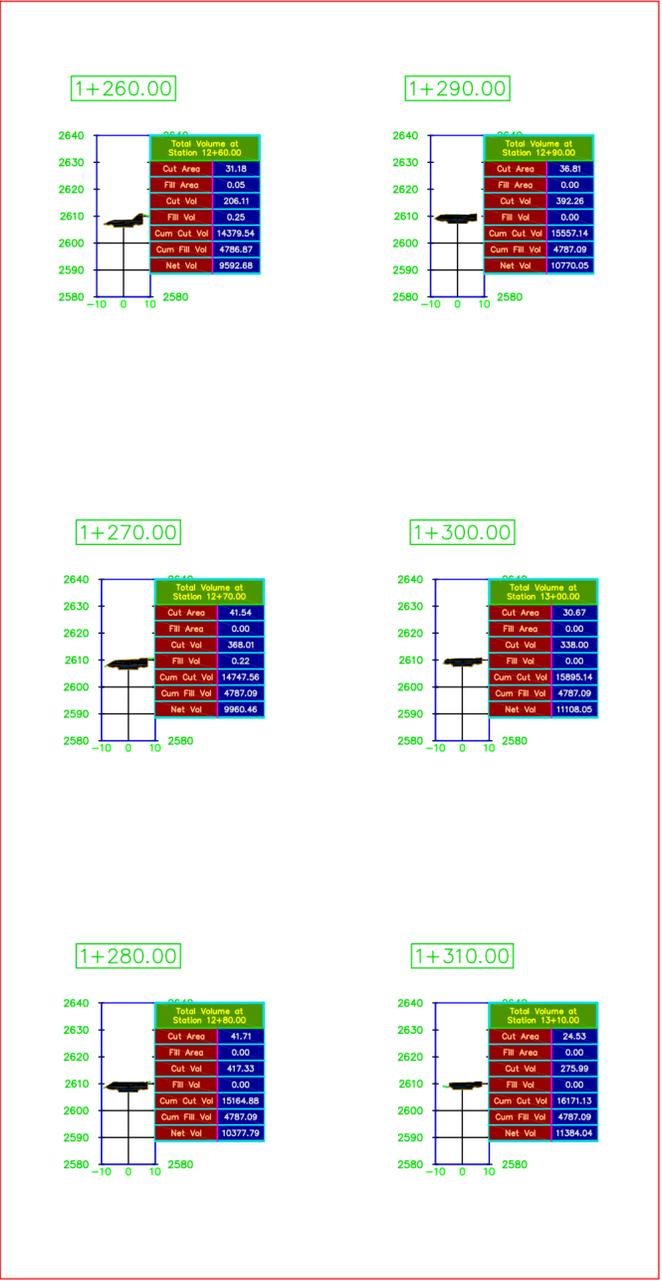
WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 1+080 - 1+190		
	1:1000	12/07/2024	014
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
	Diseñado por:	Aprobado por:	



WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
ECUADOR

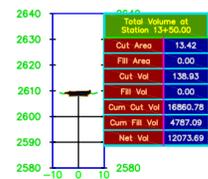
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 1+200 - 1+310		
	1:1000	12/07/2024	015
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
	Diseñado por:		Aprobado por:

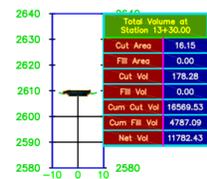
1+320.00



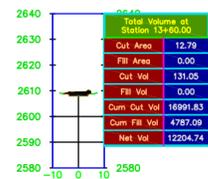
1+350.00



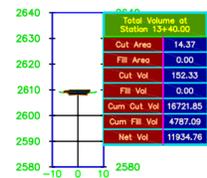
1+330.00



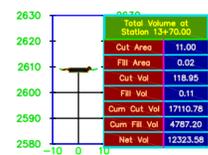
1+360.00



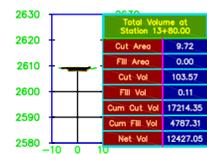
1+340.00



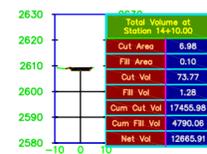
1+370.00



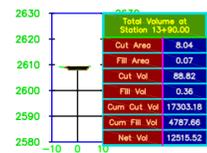
1+380.00



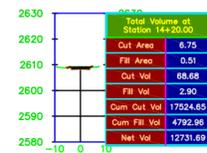
1+410.00



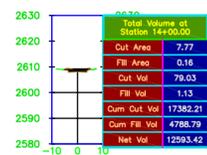
1+390.00



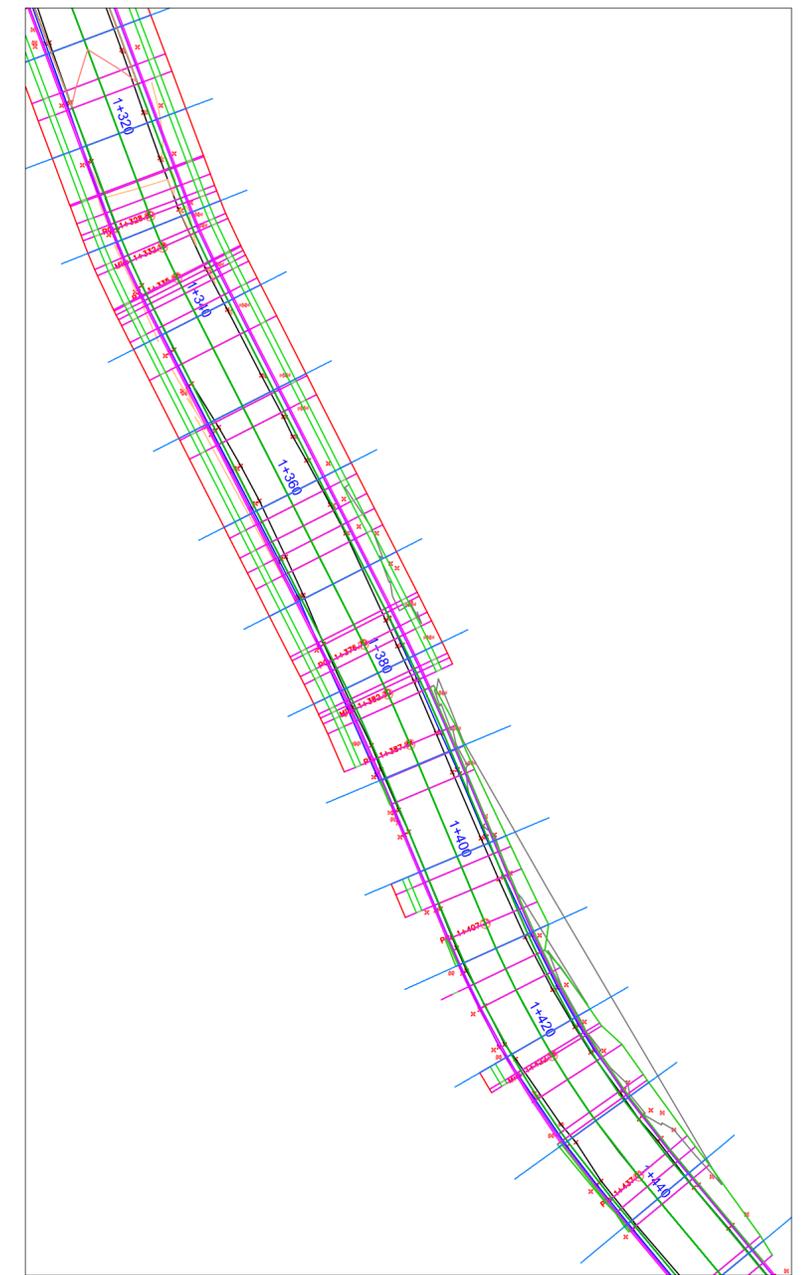
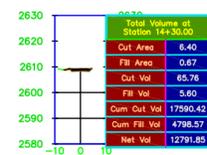
1+420.00



1+400.00



1+430.00



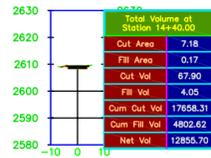
WGS84_17S



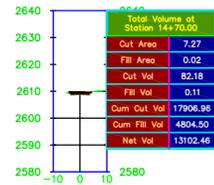
DESIGNO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO	SECCIONES TRANSVERSALES ABSCISA 1+320 - 1+430		
	1:1000	12/07/2024	016
	Escala	Fecha	Plano N
	PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
Diseñado por:		Aprobado por:	

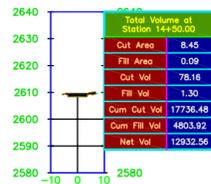
1+440.00



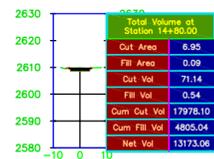
1+470.00



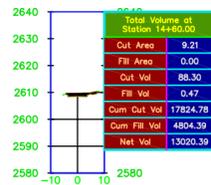
1+450.00



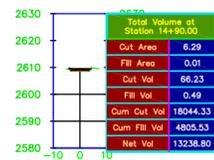
1+480.00



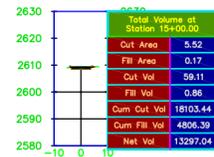
1+460.00



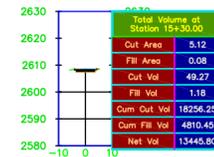
1+490.00



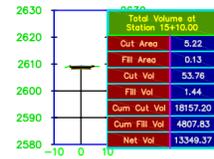
1+500.00



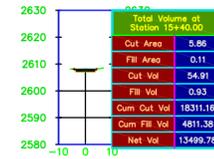
1+530.00



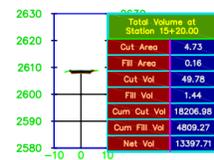
1+510.00



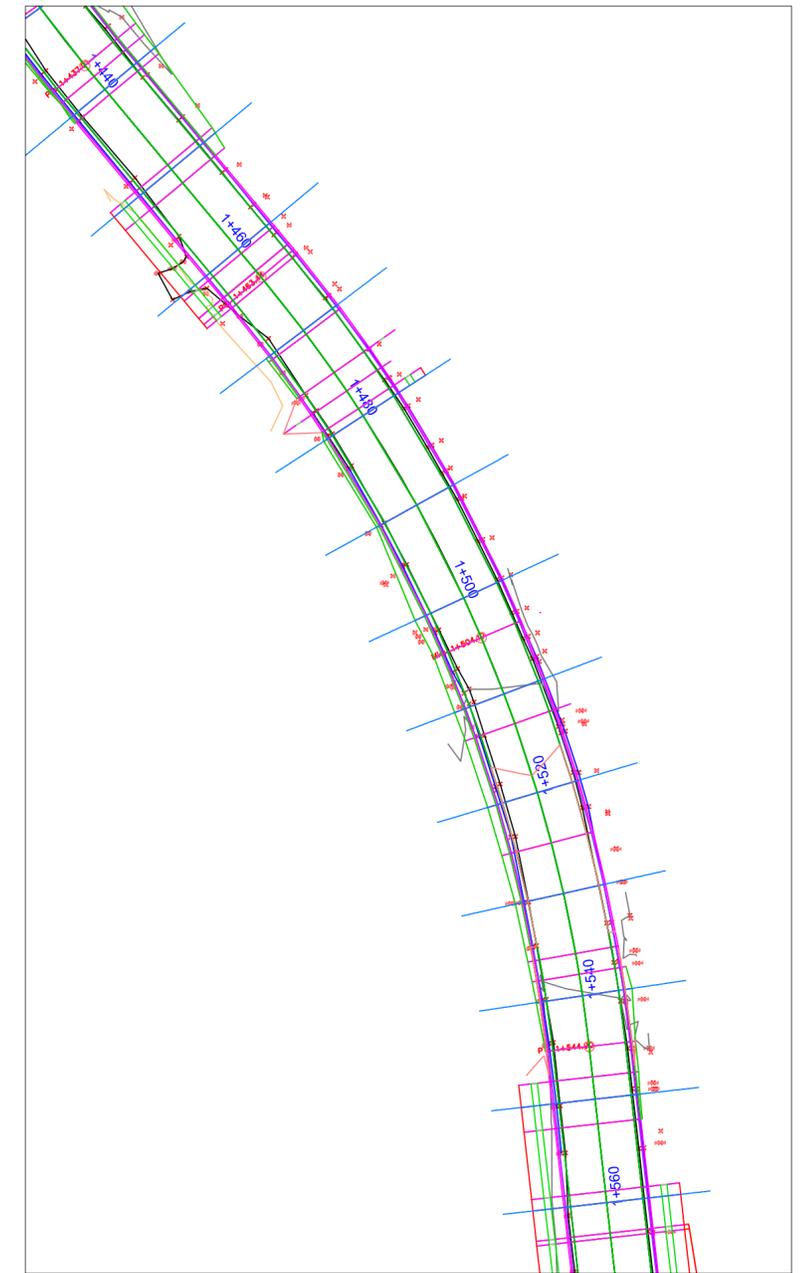
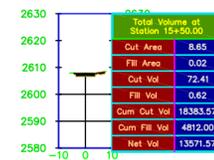
1+540.00



1+520.00



1+550.00



WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

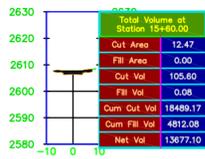
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO

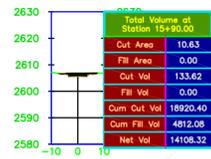
SECCIONES TRANSVERSALES
ABSCISA 1+440 - 1+550

Escala	12/07/2024	017
Fecha	Plano N	
Diseñado por: PERALTA_J,ZAMBRANO_M		ING_DANIEL_CÁRDENAS
Aprobado por:		

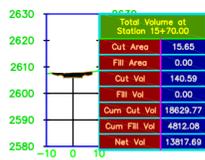
1+560.00



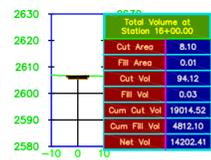
1+590.00



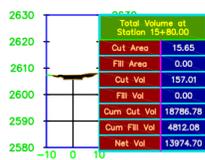
1+570.00



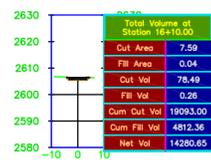
1+600.00



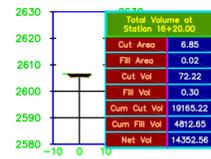
1+580.00



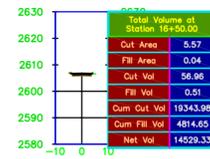
1+610.00



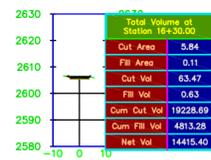
1+620.00



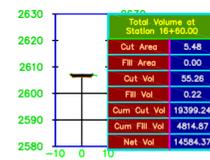
1+650.00



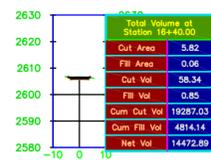
1+630.00



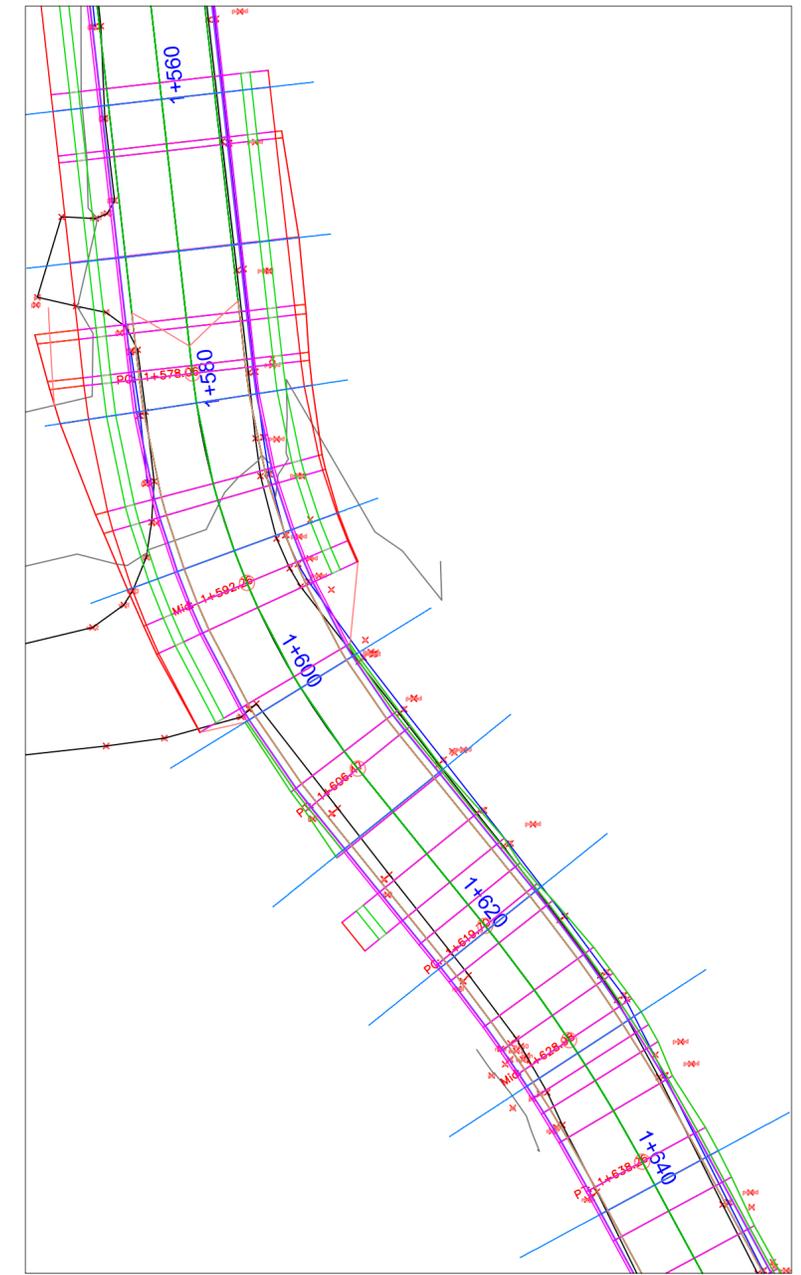
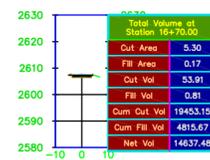
1+660.00



1+640.00



1+670.00



WGS84_17S



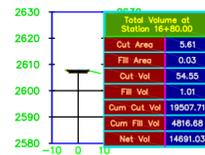
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO

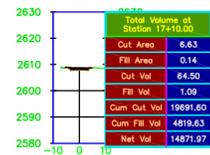
SECCIONES TRANSVERSALES
ABSCISA 1+560 - 0+670

1:1000	12/07/2024	018
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
Diseñado por:	Aprobado por:	

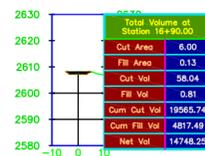
1+680.00



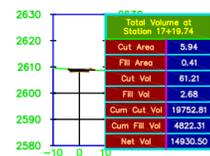
1+710.00



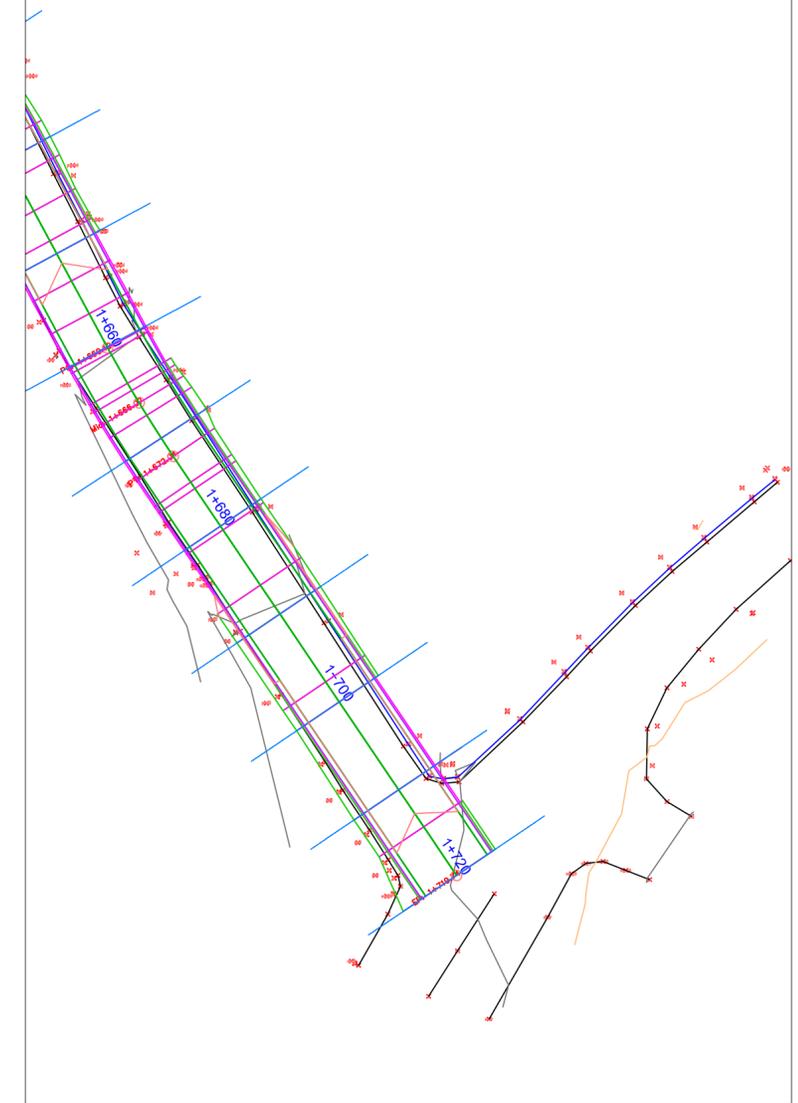
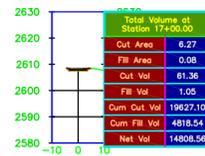
1+690.00



1+719.74



1+700.00



WGS84_17S



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA EMILIO SARMIENTO ENTRE LA VÍA MONAY BAGUANCHI Y LA VÍA AL VALLE, PERTENECIENTE AL CANTÓN CUENCA PROVINCIA DE AZUAY

CONTENIDO

SECCIONES TRANSVERSALES
ABSCISA 1+680 - 1+720

1:1000	12/07/2024	019
Escala	Fecha	Plano N
PERALTA_J,ZAMBRANO_M	ING_DANIEL_CÁRDENAS	
Diseñado por:	Aprobado por:	